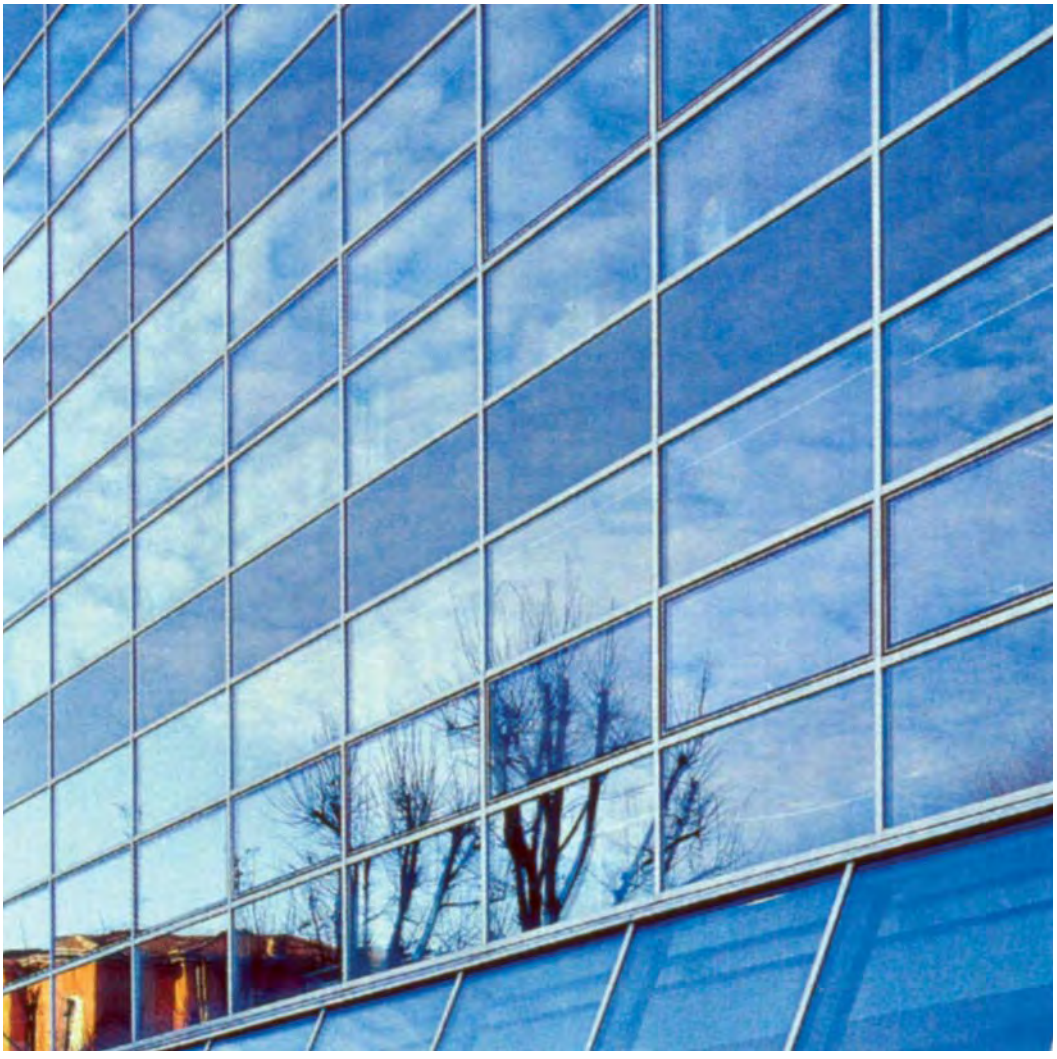
L'efficienza energetica degli edifici

L'uso del vetro per la riduzione degli effetti negativi derivanti dai mutamenti climatici



Palazzo D.U.C. Parma-Italia/Architetti: Italo Jemmi e Lorenzo Berni/Fotografo: Andrea Tosca

WWF ricerche progetti
S.r.l. unipersonale di proprietà del WWF Italia



L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

L'uso del vetro per la riduzione degli effetti negativi derivanti dai mutamenti climatici

a cura di: Adriano Paolella, Rita Minucci

Gruppo di lavoro
Per il WWF Italia/WWF Ricerche e Progetti: Simona Bardi *(coordinamento)*, Raffaele Calabretta, Federico Calzone, Domenico D'Olimpio, Ernesto Maria Giuffrè, Andrea Masullo, Giuseppe Mesoraca, Consuelo Nava, Giamila Quattrone, Marco Strickner
Per Assovetro: Giorgio De Giovanni, Lina Incocciati *(coordinamento)*, Mario Boschi *(Saint - Gobain Glass Italia Spa)*, Enrico Ceriani *(Glaverbel Italy Srl),* Roberto Giovannini *(Pilkington Italia Spa)*

Progetto grafico: Paola Venturini
Traduzioni: Colin Swift
Stampa: Edicomprint, Roma 2004

INDICE

PRESENTAZIONE 4
Fulco Pratesi - Presidente WWF Italia

PRESENTAZIONE 5
Gianpaolo Caccini - Presidente Assovetro

LA "CAMPAGNA CLIMA" DEL WWF ITALIA 7
Michele Candotti - Segretario Generale WWF Italia

ABSTRACT 10

CONSUMI ENERGETICI ED EDIFICI 14
A.P., A.M., R.M.

L'USO DEL VETRO NEGLI EDIFICI ECOLOGICI 17
Adriano Paolella

ASPETTI AMBIENTALI ED ENERGETICI DELLA PRODUZIONE E DEI PRODOTTI IN VETRO PIANO 27
Ernesto M. Giuffrè
Per una definizione della compatibilità ambientale di processo e di prodotto degli elementi in vetro *C. Nava* 31
INNOVAZIONE DEI PRODOTTI IN VETRO PIANO 36
Consuelo Nava
Trattamenti superficiali dei vetri: depositi e rivestimenti *R. Minucci* 37
Caratteristiche tecniche e tipologiche dei prodotti in vetro piano *G. Quattrone* 41

IL MIGLIORAMENTO AMBIENTALE ATTRAVERSO LA VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA: ANALISI DEI CASI 45
Consuelo Nava
Valutazione dell'efficienza per l'involucro edilizio in grandi progetti *G. Mesoraca* 50
Adeguamento tecnologico per il recupero energetico nell'edilizia diffusa *R. Calabretta, F. Calzone* 60
Impieghi del vetro riusato *G. Quattrone* 80

APPROFONDIMENTI

LE FACCIATE A DOPPIO INVOLUCRO VETRATO 88
Marco Strickner (a cura)

INTRODUZIONE AI METODI PER LA DEFINIZIONE DI UN BILANCIO AMBIENTALE 101
Consuelo Nava

L'UTILIZZO DEL VETRO PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPAZI ESTERNI PUBBLICI 105
Ernesto M. Giuffrè

EDIFICI PRODUTTIVI 110
Rita Minucci

Presentazione / *Presentation*

Fulco Pratesi - *Presidente WWF Italia*

Il vetro vanta origini strettamente legate al mondo della natura. Dalle prime creazioni in pasta vitrea risalenti ad antichissimi tempi, le sostanze che lo compongono sono ancora le stesse: sabbia, soda, fuoco. Niente plastiche derivate dal petrolio, niente prodotti di sintesi. Così, dai primi vetri legati al piombo dei castelli e dei palazzi medievali alle stupende vetrate delle cattedrali gotiche, dalle immense serre vittoriane ai "palazzi di vetro" e ai primi grattacieli, il vetro ha costituito il tramite necessario per l'ingresso della luce solare e per il contatto visivo con l'ambiente esterno delle abitazioni, migliorando le condizioni di vita degli abitanti prima costretti a vivere in ambienti scuri e fumosi.

Se vogliamo azzardare un paragone con il corpo umano, i cristalli delle finestre che aprono al mondo circostante il nostro sguardo possono essere assimilati al "cristallino" del globo oculare che consegna alla retina, al nervo ottico e infine al settore del cervello delegato alla vista, l'universo che ci circonda.

E, dalle anguste bucature e feritoie che contrassegnavano gli edifici prima dell'avvento delle vetrate, si è arrivati alle facciate tutto vetro che riflettono il cielo, le nuvole, il volo degli uccelli in maniera tanto realistica da obbligare chi abita in questi edifici - per evitare collisioni spesso mortali di volatili contro le finestre - di munirle di sagome stilizzate di falchi e sparvieri al fine di spaventarli e tenerli lontani.

E questo vale anche per le efficaci barriere antirumore in vetro che sempre di più stanno prendendo piede lungo le autostrade che attraversano zone urbane o lungo le ferrovie ad alta velocità che solcano territori verdi e che potrebbero diventare autentiche trappole per i volatili che non ne apprezzano la consistenza.

Nei più moderni Giardini Zoologici, oramai, le antiestetiche e avvilenti inferriate e le profonde fosse per separare i visitatori dagli animali selvaggi sono state sostituite da grandi e trasparenti pannelli di cristallo, che consentono una visione ravvicinata senza per questo mettere in difficoltà gli animali o esporre a pericoli il pubblico. Proprio come da anni di è fatto con le immense vasche degli acquari.

Ma il vetro piano ha anche un'altra funzione eminentemente "ecologica". Pensiamo infatti ai tanti pannelli solari per il riscaldamento delle acque domestiche che sempre di più, in tutto il mondo, stanno ricoprendo i tetti e le terrazze. Sono chilometri e chilometri quadrati di vetri piani che assicurano la giusta protezione - senza ostacolare il passaggio delle radiazioni solari – di queste attrezzature che danno un importante contributo alla causa del risparmio energetico.

I problemi sollevati dall'uso del vetro nelle costruzioni che vogliano rispondere ad una sempre più pressante e urgente richiesta di risparmio energetico, sono affrontati da un altro testo di questa pubblicazione, a firma di Adriano Paolella. Mi preme solo ribadire che il vetro, nato da sostanze e materie strettamente "naturali", dovrebbe sempre tener fede a questa sua origine, favorendo, per quanto possibile, un uso rispettoso nei confronti dell'ambiente e del clima, sulla linea virtuosa che il Presidente dell'Assovetro illustra nella Presentazione di questo fascicolo.

Glass boasts of origins closely linked to the world of nature. From the first creations in vitreous materials, going back to ancient times, the substances used are still the same, sand, sodium carbonate, fire. No plastics derived from petrol, no synthesised products. From the first lead framed windows of medieval castles and palaces, the fantastic windows of the Gothic cathedrals, the immense Victorian greenhouses and the "glass palaces" and the first skyscrapers, glass has between the necessary go-between, letting the sunlight in, allowing the dwelling visual contact with the external environment, improving the living standards of those who had previously been forced to live in dark, smoky spaces.

Should we wish to attempt a comparison with the human body, the crystals of the windows which open our vision up to the world around, can be compared to the "crystalline" of the eyeball which delivers to the retina, the optic nerve and finally the part of the brain responsible for sight, the universe which surrounds us.

And from the narrow holes and openings which marked buildings before the advent of glass windows, we have moved on to all-glass facades which reflect the sky, the clouds, the flight of birds in such a realistic manner that office workers – to avoid birds colliding, often fatally, against the windows – have to attach stylised silhouettes of hawks frighten them off.

The same goes for the glass anti-noise barriers which are becoming more and more common along motorways, crossing urban areas or high-speed railways which plough through green areas and might become traps for birds which underestimate their size.

In the most modern zoological gardens, the anti-aesthetic, disheartening iron bars and deep ditches which separate visitors from wild animals have been replaced by large transparent crystal panels which allow close-up vision without creating difficulties for the animals or exposiong the public to risk. In much the same way as huge water tanks for aquaria have done for years.

But flat glass also has an eminently "ecological" role. We might recall the many solar panels for domestic water heating which are increasingly coming to cover roofs and terraces, square kilometeres of flat glass which ensures the right protection – without blocking solar radiation – of these apparatuses which are making such a significant contribution to the cause of energy saving.

The problems raised by the use of glass in constructions which have to satisfy an increasingly pressing need for energy saving, are dealt with by another article in this publication by Adriano Paolella. My task is simply to stress that glass, the fruit of strictly natural substances and materials, should always be faithful to this origin, favouring, whenever possible, a respectful use of the environment and the climate, along the virtuous lines which the President of Assovetro illustrates in the Presentation of this publication.

Presentazione / *Presentation*

Gianpaolo Caccini - *Presidente Assovetro*

La presente pubblicazione sull'efficienza energetica degli edifici nasce dal rapporto di collaborazione instauratosi nel 2001 tra Assovetro e WWF con lo scopo di sviluppare attività comuni volte alla promozione di comportamenti "ecologici" in grado di contrastare efficacemente i negativi effetti degli attuali cambiamenti climatici.

Tale iniziativa rientra nell'ambito di un'intensa attività di promozione dei prodotti vetrari innovativi per l'edilizia che Assovetro svolge istituzionalmente già da diversi anni in stretta collaborazione con le Aziende associate produttrici, nell'intento di far conoscere e fare apprezzare agli operatori del settore le caratteristiche prestazionali di tali manufatti e soprattutto la loro efficacia in termini di risparmio energetico e di salvaguardia dell'ambiente.

Il vetro, materiale nobile per eccellenza, pur vantando origini antichissime, rivela, grazie alla incessante attività di ricerca svolta negli ultimi decenni, una straordinaria modernità, imponendosi all'attenzione quale materiale altamente tecnologico, funzionale e raffinato, in grado di rispondere alle più disparate esigenze di un'utenza sempre più attenta e consapevole.

Oggi, infatti, ad un pr genti dopo la ratifica da parte dell'Italia del Protocollo di Kyoto e la pubblicazione della Direttiva 2002/91/CE in materia di efficienza energetica degli edifici e di risparmio energetico negli stessi, attraverso l'adozione di componenti dell'edilizia ad alte prestazioni.

Ed è proprio la questione del risparmio energetico il principale ambito di attività nel quale Assovetro e le Aziende del settore lavorano incessantemente da qualche anno a questa parte, a partire dall'atteso completamento del quadro normativo italiano di riferimento posto da una legge del 1991, la n.10, la quale non ha ancora trovato completa attuazione per la mancanza del relativo decreto di applicazione.

Non va infatti dimenticato che l'Italia dovrà recepire a breve la nuova Direttiva comunitaria 2002/91/CE sull'efficienza energetica in edilizia ed il risparmio energetico negli stessi attraverso l'adozione di componenti dell'edilizia ad alte prestazioni, direttiva che non potrà essere disattesa nello spirito e negli obiettivi, proponendo valori di trasmittanza per le superfici sia trasparenti che opache e non in linea con l'attuale orientamento europeo.

L'industria del vetro piano e delle lane di vetro per l'edilizia può garantire invece al nostro Paese di attuare la direttiva in tempi brevi perché ha già da tempo messo a punto prodotti altamente performanti, le cui caratteristiche prestazionali permettono di superare qualsiasi limitazione progettuale, accrescendo sensibilmente il comfort abitativo e garantendo significative economie energetiche.

Le carenze normative italiane non facilitano sicuramente l'impiego di tali manufatti e le conseguenze negative sono almeno di due tipi: i prodotti del settore non trovano adeguata collocazione sul mercato nazionale e l'Italia continua a sperperare lungo i camini delle nostre centrali termiche risorse che importiamo a caro prezzo e ad emettere nell'atmosfera quantità elevate di CO_2.

Eppure, proprio i prodotti vetrari innovativi per l'edilizia, potrebbero offrire al Paese un rilevantissimo contributo in termini di risparmio energetico, nonché di riduzione delle emissioni di CO_2, come testimoniano i risultati di un importante studio della Federazione Europea dei Produttori di Vetro Piano (GEPVP) sui benefici indotti dall'utilizzo dei vetri basso emissivi nelle vetrate isolanti.

Questo studio del 2000, che ha aggiornato lo studio Thermie degli anni

This publication, concerning the energy efficiency of buildings, originated with the collaboration established in 2001 between Assovetro and WWF with the scope of developing initiatives in common, aimed at the promotion of "ecological" behaviour in combatting the negative effects of current climate changes.

This initiative is part of an intense promotion of innovative glass products for building which Assovetro has been carrying out institutionally for a number of years in close collaboration with associated producer companies, with the aim of publicising and sensibilising operators in this sector to the possibilities of these products and above all their effectiveness in terms of energry saving and environmental protection.

Glass is a noble material par excellence. *It boasts of ancient origins, but at the same time possesses, thanks to the intensive research activity of recent decades, an extraordinary modernity, standing out as a highly technological material, functional and refined, capable of meeting the most diverse of requirements of ever more attentive and conscious users.*

Nowadays, a glass product not only has to guarantee high technical performance but also functionality, versatility, elegance and above all, it has to be ecologically compatible.

Conforming to these primary needs of man, the flat glass industry has siginifcantly evolved from a technological point of view, coming up with increasingly more sophisticated and performce-raising products, which also contribute significantly to the achievement of those energy saving objectives and protection of the environment which Italy has set itself, objectives which have become increasingly more important since the ratifcation by Italy of the Kyoto Protocol and the publication of Directive 2002/91/EC concerning the energy efficiency of, and energy saving in, buildings, thanks to the adoption of high performance building components.

The energy saving question has indeed been the main sphere of action for Assovetro and sector companies for some years. The starting point was the much-awaited completion of the Italian regulatory framework set up by the 1991 Law n. 10, which has still to completely implemented, since a decree applying it is still awaited.

We should not forget that Italy will soon have to assimilate the new community Directive 2002/91/EC concerning energy efficiency - and saving - in building, by means of the adoption of high performance building components. This directive cannot be disregarded, neither the spirit nor the objectives; it proposes U- values for both transparent and opaque surfaces which are not in line with current European orientations.

The flat glass and glass wool industry give Italy the possibility to assimilate this directive quickly because it has already, for some time now, been manufacturing high performance products whose features allow us to overcome any planning limitation, increasing living comfort significantly and guaranteeing large savings.

The regulatory shortcomings in Italy certainly do not make the use of such products any easier and the negative consequences are of at least two types. Firstly, sector products do not find a market, nationally, and secondly, Italy continues to squander resources on imports for our thermal stations, which are expensive, and which emit elevated quantities of CO_2 into the atmosphere.

It is indeed these innovatory glass products for building which can

'90, ha quantificato i risultati che si otterrebbero in termini di risparmio energetico e di riduzione delle emissioni di CO_2, se tutti i vetri singoli e doppi attualmente esistenti nelle abitazioni venissero sostituiti con vetri basso emissivi. Ogni anno potrebbero essere risparmiati, in tutto il territorio dell'Unione Europea 1,115 MGJ di energia, pari a 26 milioni di tonnellate di petrolio equivalenti, con una riduzione delle emissioni di CO_2 pari a oltre 82 milioni di tonnellate. Nella sola Italia tali risparmi sarebbero, rispettivamente, pari a 167 MGJ di energia ed a oltre 11 milioni di tonnellate di CO_2.

Risparmi non trascurabili per un Paese come il nostro che con la ratifica del Protocollo di Kyoto ha assunto l'obbligo di ridurre, entro il 2012, le proprie emissioni di gas serra del 6,5% rispetto ai livelli del 1990.

Questa potenzialità dei prodotti vetrari ancora non è adeguatamente conosciuta e sfruttata in Italia sia da parte delle autorità competenti, sia da parte degli operatori del settore e purtroppo la scarsa conoscenza dei prodotti e l'erronea convinzione che siano troppo costosi aggravano la situazione esistente, generando pericolosi ed ingiustificati ritardi nell'allineamento della normativa italiana alle politiche comunitarie di contenimento dei consumi energetici e del rispetto dell'ambiente.

Ciò pregiudica lo sviluppo dell'industria italiana del vetro piano e delle lane di vetro per l'edilizia e rischia di vanificare gli sforzi sin qui compiuti da tutte le Aziende dei settori della produzione e della trasformazione del vetro piano nella direzione di "una cultura della qualità".

I ritardi del legislatore nella completa attuazione della citata Legge n.10/91 e l'imminente istituzione del Marchio comunitario sui prodotti vetrari per l'edilizia, in attuazione della Direttiva 89/106, rischiano infatti di danneggiare pesantemente molte Aziende del settore della trasformazione del vetro piano, le quali dal 1997 detengono il Marchio UNI sulle vetrate isolanti, assicurando all'utenza un prodotto di alto livello qualitativo, accettato e riconosciuto in ambito europeo.

Il presente fascicolo, lungi dal presentarsi come una pubblicazione esaustiva sull'argomento, rappresenta tuttavia un primo efficace approccio per gli addetti ai lavori, al fine di far loro conoscere le caratteristiche dei prodotti vetrari per l'edilizia, in buona parte ancora non conosciuti ed adeguatamente apprezzati, e di far apprezzare i costanti sforzi di miglioramento delle Aziende produttrici nel campo della tecnologia e della ricerca.

È stato proprio il grande sviluppo tecnologico infatti a conferire ai prodotti in vetro caratteristiche non intrinseche al materiale vetro, quale ad esempio il miglioramento delle rispettive prestazioni energetiche.

Se lo straordinario potenziale dei prodotti innovativi per l'edilizia, in termini di riduzione degli effetti negativi derivanti dai mutamenti climatici, verrà riconosciuto ed adeguatamente apprezzato dai progettisti e dagli utenti, anche l'industria italiana del vetro potrà offrire un concreto ed efficace contributo all'imperativo, ormai ineludibile non solo per l'Italia ma anche per l'Unione Europea, del risparmio energetico e del rispetto ambientale.

offer the country a great contribution in terms of energy saving, as well as reduction of CO_2 emissions, as we learn from an important study of the European Federation of Flat Glass Producers concerning the benefits of the use of low emission glass in isolating windows.

This study, of the year 2000, updated the Thermie study of the 1990s, quantifying the results which could be obtained in terms of energy saving and reduction of CO_2 emissions, if all the single and double-glazed windows currently existing in dwellings were replaced with low emission glass. Every year we could save, over the whole area of the European Union, 1.115 MGJ of energy, equal to 26 million tonnes of petrol, with a reduction of CO2 emissions of more than 82 million tonnes.

These savings are not negligible for a country like ours which, with the ratification of the Kyoto Protocol, has accepted the obligation to reduce, by 2012, its greenhouse gas emissions by 6.5%, compared to 1990 levels.

This potentiality of glass products has still not been adequately communicated and exploited in Italy either by the competent authorities or by sector operators and unfortunately the fact that little is known of the products and the mistaken belief that they are too expensive, worsens the current situation, generating dangerous and unjustified delays in the alignment of the Italian regulations with community policies of energy consumption containment and respect for the environment.

This prejudices the development of the Italian flat glass and glass wool industry for building and risks thwarting the efforts made by all those companies in the production and transformation of flat glass sector in the direction of "a culture of quality".

The legislative delays concerning the complete realisation of the above-mentioned Law n. 10/91 and the imminent arrival of the community Mark on glass products for building, as per Directive 89/106, do in fact risk damaging seriously many companies in the flat glass transformation sector, which from 1997 have used the UNI Mark on isolating windows, ensuring the user a high quality product, accepted and recognised in a European sphere.

This publication, admittedly far from exhaustive, constitutes an initial approach for those working in the sector, with the aim of informing them of features of glass window products for building, which on the whole, are still unknown or little appreciated, and to inform people about the constant efforts made to improve producer companies in the field of technology and research.

It has indeed been the great development in technology which has provided glass products with those features which were not originally a characteristic of glass material, for example the improvement of energy performance.

If the extraordinary potential of innovative products for building, in terms of reduction of the negative effects deriving from climate change, is recognised by planners and users, the Italian glass industry too will be able to make a clear contribution to the by now unavoidable need in Italy - but also in the European Union, - for energy saving and environmental respect.

La "Campagna Clima" del WWF Italia / *WWF Italia's climate campaign*

Michele Candotti - *Segretario Generale WWF Italia*

Con "New renewable energy sources" il WWF intende distinguere fra le risorse rinnovabili, quelle che rispondono anche a criteri di sostenibilità e che oggi costituiscono solo il 2% del totale dell'energia consumata *(figura 1)*, derivando ancora per l'80% da fonti fossili, dall'energia idroelettrica e dalle biomasse, (a esclusione delle "modern biomass").
Il WWF ritiene che tutti i paesi del mondo dovrebbero impegnarsi per portare queste fonti "new renewables" a coprire almeno il 10% dei consumi mondiali di energia entro il 2010.
Il WWF in Italia mira innanzitutto a indurre il governo nazionale e le amministrazioni regionali ad intraprendere politiche energetiche sempre meno dipendenti dai combustibili fossili, politiche in grado di mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici e fermare entro la fine del secolo il riscaldamento del pianeta. Per far ciò si pone gli obiettivi strategici al 2030 della riduzione dei consumi elettrici del 45% rispetto al 2000, della riduzione dei consumi non elettrici del 25% rispetto al 2000 e delle fonti rinnovabili che coprano il 50% degli usi finali di energia.
È evidente che il raggiungimento della copertura del 50% con fonti rinnovabili, presuppone la creazione, nel quadro di una contemporanea riduzione dei consumi energetici totali, di "un ambiente economico e tecnologico" favorevole alle fonti rinnovabili, che entro la fine del secolo dovrà sostituire il sistema che nei passati 200 anni è stato costruito intorno alle fonti fossili di energia. Se non si avvia questa transizione, le fonti rinnovabili resteranno un lusso poco utile e molto costoso. In altri termini i cambiamenti climatici impongono di anticipare di qualche decennio quella transizione alle fonti rinnovabili che comunque ci verrà imposta dall'esaurimento dei combustibili fossili.
L'obiettivo quantitativo relativo alla riduzione dei consumi elettrici è perfettamente in linea con la riduzione che già oggi potrebbe essere conseguita se si usassero le apparecchiature elettriche più efficienti esistenti oggi sul mercato (si veda "La Risorsa Efficienza", ANPA, doc 11/1999).
L'obiettivo di riduzione dei consumi non elettrici si potrebbe agevolmente conseguire migliorando l'efficienza delle attività produttive, ma soprattutto dei trasporti, riequilibrando lo sbilanciamento attuale sul trasporto stradale verso la ferrovia e il trasporto marittimo e introducendo veicoli più efficienti e alimentati con fuel cells ad idrogeno; già oggi esistono in circolazione prototipi di automobili in grado di percorrere 100 km con 2-3 litri di carburante. Nel settore domestico si dovrebbero ridurre drasticamente gli usi termici dell'elettricità (riscaldamento degli ambienti, produzione di acqua calda, cucina), migliorare l'isolamento termico degli edifici e l'utilizzo di tecniche naturali di raffrescamento.
Si ritiene che l'attuale sistema elettrico, fatto di produzioni concentrate

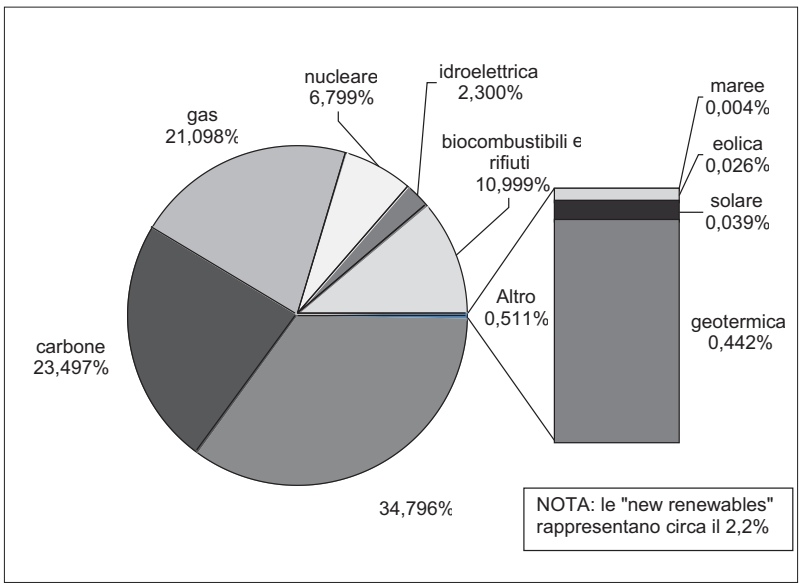


Figura 1: Ripartizione dei consumi energetici mondiali per fonte (1998)
Figure 1: Share-out of world energy consumption according to source (1998)

With "New renewable energy sources" WWF wishes to stress those renewable resources which also answer to sustainability criteria. Today, these constitute ponly 2.2% of total energy consumed (figure 1)*, of which 80% derives from fossil fuels, not hydroelectric energy or biomass energy, and not "modern biomass".*
WWF sustains that every country in the world should commit itself to getting these "new renewable" resources to account for at least 19% of world consumption by 2010.
Above all, WWF in Italy aims at persuading the state and regional administrations to undertake energy policies which are increasingly less dependent on fossil fuels, which can mitigate the effects of climate change and, by the end of the century, bring the heating of the planet to a halt. To achieve this, strategic objectives have been proposed, up to the year 2030, of a reduction in electricity consumption of 45% compared to the year 2000, a reduction in non-electrical consumption of 25% compared to the year 2000 and renewable sources which account for 50% of final energy uses.
It is clear that the achievment of 50% accounted for by renewables, presupposes the creation, in the framework of a simultaneous reduction of total energy consumption, of an "economic and technological environment" in favour of renewable sources, which by the end of the century should replace the system which, in the past 200 years, has been built around fossil fuel sources. If this transition is not initiated, renewable sources will remain a luxury, of little use,and very costly. In other words, climate changes force us to bring forward by a number of decades that transition to renewable sources that in any case will be imposed by the exhaustion of fossil fuels.
The quantitative objective concerning the reduction of electricity consumption is perfectly in line with the reduction which could already today be achieved if we used the most efficient electrical apparatuses available on the market (see "La Risorsa Efficienza" ANPA, doc 11/1999).
The objective of reducing non-electric consumption could easily be achieved by improving production efficiency, but above all transport, correcting the current imbalance of road transport, favouring rail and maritime transport and introducing more efficient vehicles powered by hydrogen fuel cells. Prototypes of vehicles which go 100km with 2-3 litres of fuel are already in circulation. In the domestic sector we should drastically reduce thermal electricity uses (heating, hot water, the kitchen) and we should improve thermal insulation of buildings and the use of natural cooling techniques.
We feel that the current electricity generating system, comprising large

in impianti di grande potenza, congeniale alle trasformazioni termodinamiche basate sui combustibili fossili, dovrebbe gradualmente essere limitato ad una produzione strategica di base che copra non più del 50% del fabbisogno totale, mentre il restante 50% dovrebbe essere prodotto in piccoli impianti prossimi all'utenza.
Il WWF, per sostenere tali obiettivi, ha lanciato la campagna internazionale POWER SWITCH/Cambiamo Energia per sollecitare e promuovere iniziative concrete per cambiare l'attuale sistema energetico mondiale basato su petrolio, carbone e nucleare, che sta mettendo seriamente in crisi il clima, l'economia e la pace, e costruire un mondo "libero dal carbonio", cioè che entro la metà di questo secolo utilizzi prevalentemente fonti rinnovabili di energia.
La campagna si rivolge principalmente ai seguenti soggetti chiedendo a ciascuno impegni ben precisi: ai *produttori di energia* per indurli ad aumentare gli investimenti nelle energie rinnovabili e nell'efficienza degli usi finali; ai *grandi utilizzatori di elettricità* per ottenere la riduzione delle loro emissioni di gas-serra acquistando elettricità verde certificata ed utilizzando le tecniche più efficienti; agli *investitori*, perché spostino risorse finanziarie verso settori che riducono le emissioni di gas-serra; ai *politici ed alle amministrazioni pubbliche* perché promuovano iniziative legislative e finanziarie atte a rimuovere gli ostacoli attualmente esistenti per l'utilizzo delle fonti rinnovabili e per l'efficienza energetica e ad incentivi al loro sviluppo; ai *grandi produttori di apparecchiature elettriche* perché aumentino la produzione e la promozione di apparecchi ad alta efficienza; ai *singoli cittadini* perché utilizzino energia da fonti rinnovabili e massima efficienza energetica.
La campagna POWER SWITCH chiede alle grandi compagnie energetiche ed a tutti gli operatori dei settori industriali che producono la maggior quantità di emissioni di anidride carbonica (CO_2), di riconoscere che il futuro delle loro attività debba essere "carbon free". Ad essi il WWF chiede di sottoscrivere impegni precisi per avviare iniziative per la riduzione delle emissioni di gas serra, attraverso la sostituzione delle energie fossili ed attraverso lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie ed usi finali ad alta efficienza. Per salvare le popolazioni e gli ecosistemi dall'impatto del cambiamento globale, per garantire servizi energetici "puliti", sicuri ed affidabili a tutta la popolazione mondiale dobbiamo imparare ad essere più efficienti; ciò vuol dire assicurare e migliorare le condizioni di benessere per tutti. Ovvero far meglio e di più, con meno energia.
Efficienza di sistema in tal senso significa: efficienza delle reti di infrastrutture, efficienza dei servizi, efficienza delle apparecchiature. Dovrebbero essere soggetti a certificazione di efficienza energetica rispetto a standards di efficienza stabiliti: tutti gli edifici, sia privati che pubblici, rispetto al comportamento termico passivo, all'illuminazione naturale, ai sistemi di riscaldamento e condizionamento degli ambienti, ai sistemi di illuminazione artificiale, alla presenza di impianti ad energia solare, etc.; i progetti di infrastrutture di trasporto; i sistemi di trasporto pubblico; le automobili e gli altri mezzi di trasporto privati; i processi industriali; le attività agricole; tutti gli elettrodomestici e le macchine industriali che attualmente ancora non vengono certificati; i sistemi di illuminazione pubblica; le attività di gestione dei rifiuti, secondo criteri di *zero-waste* ispirati a modelli di gestione ottimizzata in termini energetici del ciclo dei singoli materiali.
Con il progetto ***Banca del Clima*** inoltre, il WWF si propone di informare e sensibilizzare i cittadini e alcuni soggetti collettivi (enti locali, scuole, etc.) su azioni adeguate e concrete in difesa del clima, di promuovere comportamenti rivolti alla riduzione delle emissioni di gas serra e di processi atti a migliorare l'efficienza energetica delle produzioni, di selezionare servizi e prodotti innovativi per la riduzione delle emissioni. La strategia di Banca del Clima punta a supportare il ruolo attivo dei cittadini e dei soggetti produttivi che consumano energia nel percorso di riduzione dei consumi e delle emissioni anche attraverso l'aumento

power plants, suitable for thermodynamic transformation based on fossil fuels, should gradually be limited to a strategic basic production which concerns not more than 50% of total needs, whereas the remaining 50% should be produced in small plants near users.
WWF, to sustain such initiatives, has launched an international campaign, POWER SWITCH/Cambiamo Energia, to stimulate and promote concrete initiatives to change the current world energy system, based on petrol, coal and nuclear, which is seriously threatening the climate, the economy and world peace, and build a "carbon free" world which, halfway through this century, will be using mainly renewable sources of energy.
The campaign appeals mainly to the following elements, asking of each of them clear committments: energy producers *are asked to increase investments in renewable energy and in final use efficiency; the* big electricity users, *to achieve a reduction in emissions of greenhouse gases, purchasing certified green electricity and using the most efficient techniques;* investors *to shift financial resources towards sectors which reduce greenhouse gas emissions;* politicians and public administrations *to promote legislative and financial initiatives aimed at removing current obstacles to the use of renewable sources and energy efficiency and incentives for their use; the* big electrical apparatus manufacturers, *to increase production and promotion of high efficiency apparatuses.* Single individuals, *to use energy from renewable sources and maximum energy efficiency.*
The POWER SWITCH campaign asks the large energy companies and all operators in the industrial sectors which produce the largest quantities of carbon dioxude (CO_2) emissions, to admit that the future of their activities has to be "carbon free". The WWF asks them to endorse clear committments to initiatives for the reduction of greenhouse gas emissions, through the replacement of fossil energy and through the development and application of final high-efficient technologies and uses. To save populations and ecosystems from the impact of global change, to guarantee "clean" energy services, safe and reliable, for the whole world population, we have to learn to be more efficient. This means ensuring and improving the wellbeing of all. Or - do things better and more, with less energy.
System efficiency in this sense means efficiency of infrastructure networks, efficiency of services, efficiency of apparatuses. Those that have to be subject to energy efficient certification with respect to established standards of efficiency: all buildings, private and public, as regards passive thermal behaviour, systems of artificial illumination, the presence of solar energy plants, etc. The same goes for transport infrastructure projects, public transport systems, cars and other private means of transport, industrial processes, agricultural activities, all electrical appliances and industrial machines which currently are not certified, public lighting systems, refuse handling activities, according to zero-waste criteria inspired by models of optimised handling, in energy terms, of the single material cycle.
With the ***Climate Bank*** *project, WWF wishes to: inform and sensitise single individuals and certain collective subjects (local entities, schools etc) about adequate, concrete actions in defence of the climate; promote behaviour encouraging greenhouse gas emission reduction and processes aimed at improving energy efficiency during production; select innovative services and products for emission reduction. The strategy of the Climate Bank aims at supporting the active role of single individuals and manufacturers who consume energy, in the process of consumption reduction and emissions, also by means of an increase in energy efficiency of actions carried out. The reason for these choices is the awareness of the capacity of consumers to direct production choices and the reduced incisiveness*

dell'efficienza energetica delle azioni compiute. La motivazione di questa scelta è la consapevolezza della capacità dei consumatori di indirizzare le scelte della produzione e della ridotta incisività delle amministrazioni nel percorso della riduzione dei consumi all'interno del mercato globale.
Possono aderire alla Banca del Clima *i cittadini*, che possono accedere al sito e "pesare" i propri comportamenti energetici attuando nel tempo misure di miglioramento dell'efficienza e di modificazione di comportamenti attraverso la gestione diretta delle proprie informazioni; *le aziende* o associazioni di categoria che producono merci ad elevata innovazione tecnologica tesa alla riduzione dei consumi energetici, dell'impatto ambientale e della riduzione dei consumi energetici, che hanno avviato processi atti ad ottimizzare i consumi energetici, sia in fase di produzione, che di uso delle merci; le *associazioni di categoria* che contribuiscono a veicolare informazioni e partecipano alla promozione del progetto; le a*mministrazioni* che promuovono la riduzione dei consumi energetici e dei comportamenti virtuosi anche attraverso azioni sperimentali.
Considerando i risultati di efficienza ottenibili integrando i vari livelli di intervento in piani coordinati di efficienza di sistema, si può ipotizzare una riduzione complessiva delle emissioni di gas serra rispetto al dato del 1990, di almeno il 25% in una ipotesi molto prudente, ottenibile entro 20 anni, che ci consentirebbe di rispettare non solo il Protocollo di Kyoto per il 2010, ma anche l'obiettivo del 20% di riduzione che molto probabilmente si darà l'Unione Europea per il 2020, con la possibilità di trovarci in condizione di poter vendere diritti di emissione sul mercato dell'"*emission trading*".

of administrations in the process of consumption reduction in the global market.
Those who can adhere to the Climate bank are: single individuals, *who can accede to the site and "weigh" their energy behaviour, implementing over time, measures of efficiency improvement and behaviour modification through direct handling of their own information;* companies *or category associations which produce high-level technologically innovative goods intended for energy consumption reduction and environmental impact reduction - goods which are strongly innovative in the sphere of energy consumption reduction - and which have initiated processes aimed at optimising energy consumption in both the manufacturing phase and during the use of the goods; the* category associations *which will contribute to transmitting information and which participate in the promotion of the project; the* administrations *which promote energy consumption reduction and virtuous behaviour also by means of experimental actions.*
Considering the efficiency results obtainable by integrating the different levels of intervention in coordinated plans concerning system efficiency, we can hypothesise an overall reduction of greenhouse gas emissions compared to 1990, of at least 25% - and this is a very prudent hypothesis - obtainable in 20 years, which would allow us to respect not only the Kyoto Protocol by 2010, but also the objective of 20% reduction which will, very probably, be that of the European Union by 2020, with the chance of finding ourselves able to sell emission rights on the "emission trading" *market.*

Abstract

CONSUMI ENERGETICI ED EDIFICI

A. Paolella, A. Masullo, R. Minucci

Per evitare che il clima del pianeta nell'arco di pochi decenni possa entrare in una crisi irreversibile è necessario ridurre le emissioni di anidride carbonica e degli altri gas clima-alteranti. Il rapporto "World Energy Outlook" (IEA, 2003) rileva che le emissioni mondiali di tali gas continuano ad aumentare a causa dell'aumento dei consumi energetici.
Secondo stime dell'Unione Europea, circa il 41% del consumo totale di energia è da imputare all'edilizia. I consumi energetici in edilizia dipendono principalmente dagli scambi termici (dispersioni ed apporti solari) che avvengono attraverso gli involucri esterni degli edifici. Controllando questi scambi si possono ottenere notevoli risparmi energetici. Per questo, una questione rilevante è legata alla gestione e manutenzione degli involucri stessi.
L'Unione Europea ha promosso azioni tra gli stati membri per concertare una strategia per la diffusione di serramenti ad alte prestazioni. La direttiva 2002/91/CE, ad esempio, richiede l'emanazione di linee guida nazionali, rendendo obbligatoria, entro il 4 gennaio 2006, l'adozione a livello nazionale di strumenti per la certificazione energetica degli edifici.
In Italia, con l'avvenuto trasferimento delle competenze a livello regionale, mentre si sono facilitati i processi per l'attuazione di programmi locali, d'altra parte non si è favorita l'individuazione di linee di indirizzo nazionali. Un'occasione mancata è relativa alla inadeguata applicazione della legge 10/1991 che, non essendo stata sostanziata da una efficiente regolamentazione, è stata sicuramente limitata nella propria incidenza.
Attualmente l'Italia, per quanto riguarda i consumi energetici in edilizia, risulta essere allineata ai peggiori livelli prestazionali europei. Applicando una regolamentazione più evoluta, si valuta che i consumi italiani potrebbero diminuire anche sino al 60% degli attuali, riparametrandosi alle effettive condizioni climatiche del paese.

ASPETTI AMBIENTALI ED ENERGETICI DELLA PRODUZIONE E DEI PRODOTTI DEL VETRO PIANO

Ernesto M. Giuffrè

Valutare gli aspetti ambientali connessi alla produzione di un elemento in vetro piano vuol dire partire dall'analisi del prelievo delle risorse necessarie alla preparazione della miscela vetrificabile, fino ad arrivare ai processi e lavorazioni che portano alla sua trasformazione in lastra.
Molto importanti, ai fini dell'impatto ambientale, sono infatti le modalità con cui viene estratta e trasportata la materia prima, in particolar modo le sabbie, necessarie per la produzione della miscela vetrificabile.
Una volta arrivato il materiale al sito produttivo è importante controllare l'uso delle risorse, dell'energia e le emissioni prodotte nell'ambiente al fine di definire una strategia operativa in grado di individuare e comprendere i punti nodali della produzione.
La maggior parte degli interventi effettuati all'interno del ciclo di produzione, finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica si concentrano sulla fase di fusione, ed in particolare sul forno, ottenendo vantaggi sia dal punto di vista ambientale, minor utilizzo delle risorse e mi-

ENERGY CONSUMPTION AND BUILDINGS

A. Paolella, A. Masullo, R. Minucci

To prevent the climate of the planet undergoing an irreversible change in the next few decades it is necessary to reduce carbon dioxide emissions and other climate altering gases as soon as possible. The "World Energy Outlook" report (IEA, 2003) shows that world emissions of such gases continue to increase, as a result of the increase in energy consumption.
According to estimates by the European Union, about 41% of total energy consumption is to be attributed to building. Energy consumption in building derives mainly from thermal exchange (solar dispersion and solar gain) which take place through the external envelope of the buildings. If we can control these exchanges we can achieve substantial energy saving. It is for this reason that organisation and maintenance of the envelopes themselves is so important.
The European Union has asked for action by member states in the planning of a strategy for widespread adoption of high quality frames. The directive 2002/91/EC, for example, requires the issue of national guidelines, making the national adoption of tools for energy certification of buildings compulsory by 2006.
In Italy, with the transference of responsibility to a regional level, while the procedures for the creation of local plans has been facilitated, the singling out of national guidelines has not been favoured. One missed opportunity is that the correct application of the 10/1991 law - not as yet supported by clear regulation - has been limited in its impact.
At the moment, Italy, as far as energy consumption in building is concerned, finds itself at the lowest of performance levels at a European level. With better regulation, we estimate that Italian consumption could diminish by even as much as 60%, compared to current levels, re-measuring according to the real climatic conditions of the country.

ENVIRONMENTAL AND ENERGY ASPECTS OF FLAT GLASS

Ernesto M. Giuffrè

Evaluating the environmental aspects of production of a vitrified element means beginning with an analysis of the extraction of the resources needed to prepare the vitrifiable mix and concluding with the processes which lead to its transformation into sheets. Of great importance, as far as the environmental impact is concerned, is the extraction and transport of the raw material, especially the sands needed for the manufacture of the vitrifiable mix.
Once at the production site it is important to check the use of resources, energy and emissions released into the environment so as to define an operational strategy capable of singling out and understanding the crucial moments in production. Most operations in the production cycle, aimed at saving and improving energy efficiency, are concentrated in the melting phase, especially at the oven. The result is environmental advantages - reduced use of resources and fewer emissions of carbon dioxide - and financial advantages for the company, thanks to reduced energy purchase costs.

nori emissioni di anidride carbonica, sia in termini economici per l'azienda, diminuendone i costi di acquisto delle risorse energetiche.
Per il controllo delle emissioni, dopo aver individuato le cause e le fasi in cui queste si vengono a generare, le alte temperature del forno di fusione ed i fenomeni di evaporazione dal bagno di stagno, si è proceduto alla messa in opera di strategie che hanno portato ad interventi specifici costituiti principalmente nell'utilizzo di filtri elettrostatici e nel passaggio, pressoché totale, degli impianti dalla alimentazione ad olio combustibile a quella a metano.
L'ottimizzazione dell'uso delle risorse naturali si ottiene inoltre anche tramite il reinserimento, all'interno del processo produttivo, degli sfridi venutisi a formare nelle varie lavorazioni. La presenza nella miscela vetrificabile di una percentuale stabilita di rottame di vetro è inoltre necessaria affinché il processo di fusione avvenga correttamente e si possano ottenere prodotti di qualità, portando inoltre anche vantaggi dal punto di vista dei consumi e delle emissioni in atmosfera.

INNOVAZIONE DEI PRODOTTI IN VETRO PIANO

Consuelo Nava

I livelli di innovazione della produzione edilizia e le capacità tecnologiche di gestire i processi di trasformazione hanno di fatto mutato lo scenario di riferimento, affidando all'integrazione tra progetto dell'edificio e progetto del materiale e del componente, il governo del processo costruttivo, la qualità delle opere, delle strategie di gestione e dell'efficienza prestazionale.
In un'ottica di identificazione tra strategia progettuale e cultura industriale, il materiale e la risorsa partecipano pesantemente al processo, determinando gli aspetti qualitativi e quantitativi della produzione e della sua attenzione per l'ambiente.
Si è comunque compreso come sono da considerarsi non solo le caratteristiche proprie del materiale, ma una progettazione che definisca: la composizione di base, il processo produttivo di trasformazione e gli eventuali trattamenti complementari, alla luce di una produzione sempre più diversificata di materiali e componenti integrati.
Risiede proprio in questa ultima possibilità il carattere della sostenibilità dei prodotti e componenti a secco, la cui specializzazione e versatilità garantisce livelli di gestione a basso impatto dei processi industrializzati, semi-artigianali, in grado di controllare l'impatto sociale ed ambientale a monte dei processi e favorire una progettazione aperta ed appropriata dei componenti, come risposta a richieste specifiche e più diffuse applicabili nel comparto edilizio.
Proprio in quest'ottica s'inserisce la capacità del vetro di gestire soluzioni alla scala di componente e di sistema in edilizia.
A scopo esemplificativo, per comprendere "la risposta della tecnologia vetro" al mutato scenario progettuale si faccia riferimento all'evoluzione del materiale/prodotto, all'interno dell'innovazione tecnologica dei serramenti.

IL MIGLIORAMENTO AMBIENTALE ATTRAVERSO LA VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA: ANALISI DEI CASI

Consuelo Nava

A livello progettuale la comprensione della "tecnologia dell'involucro e delle sue capacità di esprimere prestazioni ambientali" si realizza essenzialmente attraverso l'acquisizione dell'informazione tecnica e grafica dei temi legati al funzionamento delle sezioni costruttive di sistema,

In terms of emission control, after singling out the causes and the phases in which they are generated and the high oven fusion temperatures and evaporation phenomena from the tin pot, strategies concerning specific actions have been decided on, mainly the use of electrostatic filters and the almost total conversion of the installations from fuel oil to methane.
The optimisation of natural resource use is obtained also by means of the reintroduction, within the manufacturing process, of scrap, which has formed during the work processes. The presence in the vitrifiable mix of a fixed percentage of glass scrap is necessary so that the process of fusion can take place as it should, and quality products can be obtained, which will also lead to advantages from the point of view of consumption and atmospheric emissions.

INNOVATION IN FLAT GLASS PRODUCTS

Consuelo Nava

Levels of innovation in building production and the technological capacity to organise transformation processes have changed things, entrusting to the integration between building project and material and component project, the control over the construction process, the quality of the work, running strategies and performance efficiency.
In an identification perspective between project strategy and industrial culture, materials and resources significantly influence the process, determining the qualitative and quantitative aspects of production and of its concern for the environment.
We now know that we have to take into account not only the characteristics of the material, but also the planning, which defines 1) the basic composition, 2) the production process of transformation and 3) the eventual complementary treatment, in the light of an ever more diversified production of integrated materials and components.
It is in the latter possibility that we find the sustainability nature of dry products and components, whose specialisation and versatility guarantee low impact organisational levels of industrialised, semi-craft processes, which can control social and environmental impact at an earlier stage of the processes and favour an open and appropriate planning of components, as a response to specific, more common demand, applicable in the building section.
It is precisely in this perspective that we find the capacity of glass to tackle solutions on a components and building system plane.
For example, to understand "the response of glass technology" to the altered planning circumstances, see the material/product evolution as part of the technical innovation of doors and windows.

ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT BY MEANS OF AN EVALUATION OF EFFICIENCY. ANALYSIS OF CASES

Consuelo Nava

At a planning level, understanding of the "technology of the envelope and its capacity to express environmental performance" derives basically from the acquisition of technical and graphic information concerning the themes linked to the functioning of system construction sections, integration with passive energy devices and systems, the ability to express the design and detail of components clearly, thus the choice of more appropriate materials and possible levels of use and maintenance.
Concerning particularly "glass technology", the evolution of the envelope, its ability to express different configurations, in the

all'integrazione con dispositivi e sistemi energetici passivi, alla capacità di esprimere correttamente il disegno di dettaglio dei componenti, quindi alla scelta dei materiali più idonei ed ai livelli di uso e manutenzione possibile.
Con particolare riferimento alla "tecnologia vetro", all'evoluzione dell'involucro, alle sue capacità di esprimere configurazioni differenti, nella diversificazione dei prodotti e nella sua configurazione formale, occorre ridefinire in una nuova ottica il concetto di leggerezza e trasparenza, di continuità e modello strutturale.
L'ottica non può essere più quella convenzionale, storica, che guardava all'involucro vetrato unicamente come prodotto di una tecnologia strutturalmente leggera e in grado di fornire l'effetto di trasparenza.
Alla luce delle nuove capacità energetiche e di funzionamento delle superfici vetrate, la "leggerezza degli elementi in vetro" può divenire invece "pesante" per gli impatti sull'ambiente, così come la trasparenza può essere non costante nel tempo e la facciata "mutare" secondo modelli energetici più efficienti al fluttuare delle condizioni climatiche e di comfort. Quest'ultima considerazione caratterizza le facciate evolute in vetro, rispetto ai modelli tradizionali più diffusi.
I criteri con cui sono stati selezionati i casi presentati nelle tre sezioni, mirano essenzialmente a validare due questioni: la prima, riferita alla capacità con cui il vetro, nella configurazione di materiale, componente e sistema, riesce a risolvere problemi di funzionamento efficiente dal punto di vista energetico ed ambientale, sia che si tratti di progetto ex-novo che di progetto di recupero; la seconda, riferita alle capacità proprie della tecnologia vetro di presentare scenari differenti, riferiti a modelli formali, strutturali e di configurazione architettonica alle differenti scale, mettendo in evidenza i possibili livelli di compatibilità con i fattori di processo e di prodotto coinvolti.

LE FACCIATE A DOPPIO INVOLUCRO VETRATO

Marco Strickner (a cura)

La ricerca tecnologica applicata alla produzione edilizia, sotto la spinta degli obiettivi di sostenibilità ambientale sta conducendo verso una differente e più complessa interpretazione dell'involucro edilizio. Alla separazione indoor/outdoor è oggi attribuita una specifica funzione di mediazione dei flussi ambientali esterni: l'involucro non è più un semplice diaframma di separazione/protezione degli spazi confinati, bensì una membrana attiva che, attraverso il suo funzionamento interattivo con gli spazi interni ed esterni, contribuisce alla qualità del comfort ambientale.
In quest'ottica negli ultimi anni si è sperimentata la tipologia di facciata con doppio involucro vetrato costituita da due superfici vetrate separate da uno spazio-intercapedine nel quale hanno luogo i movimenti d'aria convettivi che concorrono a definire il comportamento energetico-bioclimatico del sistema e la qualità del comfort indoor.
Il principio sul quale si fonda il funzionamento del doppio involucro fa riferimento all'isolamento dinamico dovuto alla ventilazione dello spazio-intercapedine tra le superfici interna ed esterna. Gestendo in maniera appropriata e controllata i movimenti d'aria ed i trasferimenti di energia termica ad essi connessi è possibile attenuare le sollecitazioni dovute ai flussi ambientali esterni (climatici, acustici, luminosi) e modificarle in funzione delle condizioni ambientali indoor richieste in rapporto al periodo giornaliero o stagionale.
In rapporto alle caratteristiche funzionali, alle modalità di funzionamento e ai caratteri fisico-costitutivi dei componenti, le facciate a doppio involucro vetrato sono classificate secondo le diverse modalità:
• di ventilazione all'interno dell'intercapedine;

diversification of products and in its formal configuration, we need to redefine, in a new perspective, the concept of lightness and transparency, structural continuity and model.
The perspective cannot be the conventional, historical one, which saw the glass envelope as only a product of a structurally light technology able to provide a transparency effect.
In the light of new energy and functioning capacities concerning glass surfaces, the "lightness of glass elements" can become "heavy" in its environmental impact, just as transparency will not necessarily be constant over time, and as the facade might "alter" with energy models which become more efficient with fluctuating climatic and comfort conditions. This latter consideration characterises evolved glass facades, rather than more common traditional models.
The criteria according to which the cases presented in the three sections were chosen, concern, basically the validation of two questions. The first concerns the capacity with which glass, in the material, component and system configuration, manages to solve functioning efficiency problems from an energy and environmental viewpoint, in both new projects and those concerning renovation. The second, concerns the capacity of glass technology itself to offer different scenarios, referring to formal, structural and architectural configuration models to different scales, pointing up possible levels of compatibility with involved process and product factors.

DOUBLE GLASS ENVELOPE FACADES

Marco Strickner (ed.)

Technological research applied to building production, driven by the objectives of environmental sustainability, is leading to a different and more complex interpretation of the building envelope. A specific external environmental flow mediation is nowadays attributed to indoor/outdoor separation. The envelope is no longer a simple diaphragm of separation/protection of confined spaces but rather an active membrane which, through its interactive functioning with internal and external spaces, contributes to the quality of environmental comfort.
In this perspective, in recent years, a type of facade has been experimented, with a double glass envelope made up of two specific sheets separated by an interspace in which convective air movements take place, competing to define the energy-bioclimatic behaviour of the system and the quality of indoor comfort.
The principle on which the functioning of the double envelope is based concerns dynamic insulaton, as a result of ventilation of the space-interspace between the internal and external surfaces. Tackling the air movements and tranference of thermal energy linked to them, in an appropriate, controlled way, we can attenuate the stress due to external environmental flows (climatic, acoustic, light) and modify them according to indoor environmental flows which change on a daily or seasonal basis.
As for functional characteristics, ways of functioining and the physical-constitutive characteristics of the components, double glass envelope facades are classified according to different modalities:
• *ventilation inside the interspace;*
• *communication between air interspace and indoor environments;*
• *positioning of the isolating glass in relation to the overall "package" of the double facade;*
• *compartmentalisation of the interspace.*

The evaluation of the double facade glass system is based on energy saving according to winter heating and summer cooling needs, and

• di comunicazione tra intercapedine d'aria e ambienti interni;
• di posizionamento del vetro isolante in rapporto al "pacchetto" complessivo della doppia facciata;
• di compartimentazione dell'intercapedine.

Le valutazioni sul sistema di doppia facciata vetrata sono ricondotte al risparmio energetico rispetto alle esigenze di riscaldamento invernale, di raffrescamento estivo e rispetto le esigenze di illuminazione, ai parametri di comfort relativi alle temperature indoor, alle condizioni di ventilazione naturale, all'isolamento acustico.

to illumination, parameters of comfort concerning indoor temperature, conditions of natural ventilation, acoustic insulation.

Consumi energetici ed edifici

Adriano Paolella, Andrea Masullo, Rita Minucci

Per evitare che il clima del pianeta, nell'arco di pochi decenni, possa entrare in una crisi irreversibile è necessario ridurre al più presto le emissioni di anidride carbonica e degli altri gas clima-alteranti del 60-80%. Nel rapporto "World Energy Outlook" del 2003, prodotto dall'International Energy Agency, si rileva che le emissioni mondiali di tali gas continuano ad aumentare *(figura 1)* e, se si dovesse proseguire sulla strada attuale, sono addirittura destinate ad aumentare entro il 2020 tra il 37 e l'84% rispetto ai livelli del 1990 a causa dell'aumento dei consumi energetici *(figura 2)*.

Inoltre, il 60% di tutta l'energia utilizzata annualmente nel mondo serve a soddisfare le richieste del 20% più ricco della popolazione mondiale, per cui se applicassimo al resto del mondo il modello di sviluppo applicato dai Paesi industrializzati, portando le emissioni medie mondiali pro capite al livello di quelle della popolazione USA, esse passerebbero dagli attuali 21 miliardi di tonnellate di CO_2 a 118 miliardi di tonnellate. Ciò provocherebbe in pochi anni il raddoppio delle concentrazioni di CO_2 e degli altri gas che stanno modificando il clima, raddoppio attualmente previsto per il 2050.

Secondo stime dell'Unione Europea, circa il 41% del consumo totale di energia è da imputare all'edilizia. A livello di Unione Europea (EU15) la quantità totale di CO_2 emessa relativamente al solo settore residenziale ammonta a cica 477.000.000 Tonn/anno: di queste, circa 95.500.000 sarebbero dovute a dispersioni termiche attribuibili alle finestre *(tabella 1)*.

I consumi energetici in edilizia dipendono principalmente dagli scambi termici (dispersioni ed apporti solari) che avvengono attraverso gli involucri esterni degli edifici. Controllando questi scambi si possono ottenere notevoli risparmi energetici. Per questo, una questione rilevante è legata alla gestione e manutenzione degli involucri stessi.

Secondo alcuni studi condotti dalla Federazione Europea dei produttori di vetro piano (GEPVP), mettendo a confronto le emissioni complessive dovute alla produzione del vetro per l'edilizia con le riduzioni di emissioni di CO_2 che si potrebbero ottenere negli edifici residenziali attraverso la sostituzione dei vetri semplici (ma anche delle vetrate doppie) con vetri *low*-e, si è evidenziata la possibilità di ottenere valori significativi. Si stima che, dalla sostituzione dei vetri semplici con vetri a migliori prestazioni, si possano ottenere risparmi energetici che consentirebbero il mancato rilascio di circa 80.000.000 di tonnellate di CO_2 all'anno che rappresentano il 16,6% delle emissioni totali del settore residenziale.

Ad esempio, l'industria del vetro ha rilasciato circa 3.600.000 tonn di CO_2 nell'anno 2000 per la produzione di vetro per l'edilizia, che rappresentano circa il 4,5% del guadagno potenziale annuale ottenibile utilizzando vetro isolante ad alte prestazioni; considerando che la produzione di un metro quadro di vetri *low-e* comporta l'emissione di circa 25 kg di CO_2, il guadagno ottenibile in termini di emissioni conseguente alla sostituzione di un vetro semplice (1 mq) sarebbe di 90,6 kg/anno (circa 7,55 kg/mese). Quindi la CO_2 emessa durante la produzione verrebbe bilanciata nei primi tre mesi e mezzo di utilizzo.

L'Unione Europea ha promosso azioni tra gli stati membri per concertare una strategia per la diffusione di serramenti ad alte prestazioni.

In Italia, partendo dalla constatazione della stretta connessione esistente tra l'utilizzo di tali componenti e le ripercussioni sui consumi energetici, si è ricercato un metodo che, partendo dalle proprietà della finestra, ne consentisse la classificazione dal punto di vista energetico. Nel

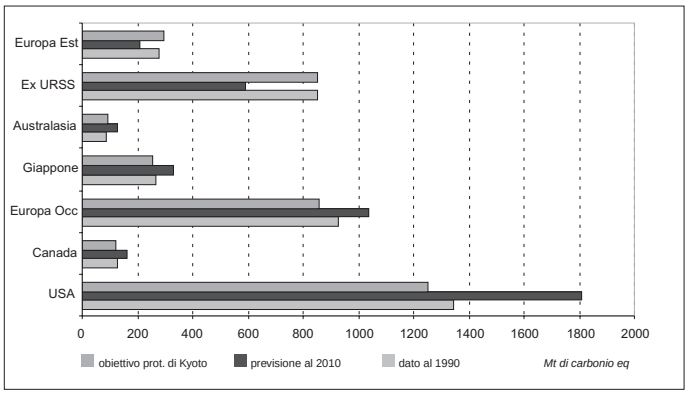


Figura 1: Andamento delle emissioni mondiali di CO_2 in milioni di tonnellate (fonte IEA).

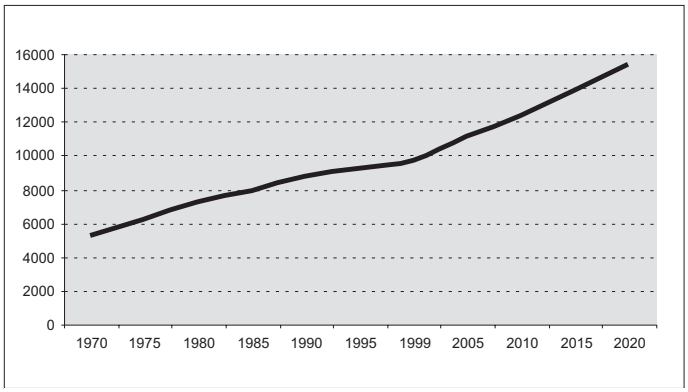


Figura 2: Evoluzione dei consumi di energia in milioni di tonnellate di petrolio equivalente (Mtep) (Fonte IEA).

1998 un gruppo di ricerca afferente a diversi soggetti (ENEA, ICITE, Stazione Sperimentale del Vetro, UNCSAAL, Università di Roma Tre, Saint Gobain Vetro Italia) ha iniziato una ricerca in tal senso i cui risultati hanno condotto alla formulazione di una proposta di classificazione dei serramenti per l'edilizia residenziale. La metodologia sperimentale, che viene proposta per l'adozione anche a livello normativo, consente la classificazione dei serramenti in base al funzionamento energetico (prestazionale). Obiettivo della ricerca è quello di fornire un supporto nella fase decisionale relativa all'individuazione dei serramenti per l'edilizia (per ora residenziale) basata su di un metodo semplice di analisi costi/benefici, facente riferimento all'impiego di due formule empiriche relative al periodo invernale ed a quello estivo.

L'Italia, per quanto riguarda i consumi energetici in edilizia, risulta essere allineata ai peggiori livelli prestazionali europei. Circa i due terzi dei consumi finali di energia in edilizia vengono spesi nel residenziale, prevalentemente per il riscaldamento invernale (67% del sottosettore) con un consumo medio per abitazione di circa 1 Tep. Nonostante le abitazioni italiane si caratterizzino, fra quelle dei paesi sviluppati (con la sola eccezione del Giappone), per il minor consumo energetico legato al riscaldamento per mq, rapportando gli stessi consumi ai gradi giorno, si ottiene che l'Italia si colloca ai valori più alti della graduatoria dei consumi specifici (dati IEA). Con riferimento alla situazione europea, il consumo energetico per gli edifici in Italia è superiore anche a quello della Finlandia.

Applicando una regolamentazione più evoluta, come ad esempio quella

Nazione	Emissioni totali di CO_2 (ed. residenziale)(Mtonn)	Energia risparmiabile con uso vetri low-e (MGJ)	Riduzioni di CO_2 corrispondenti (Mtonn)
Austria	15.720	9,39	690
Belgio	21.793	38,25	2.880
Germania	116.724	304,04	20.390
Danimarca	5.672	9,80	690
Francia	86.493	170,62	13.950
Grecia	11.310	19,69	1.640
Italia	**59.299**	**167,43**	**11.480**
Irlanda	6.530	12,06	1.050
Lussemburgo	983	1,86	140
Olanda	20.567	52,69	2.990
Portogallo	7.633	19,90	2.080
Svezia	8.146	15,25	1.680
Finlandia	6.783	3,69	330
Spagna	24.174	-	7.230
Inghilterra	85.879	177,81	11.970
Totale	**477.712**	**1.114,62**	**79.190**

Tabella 1: Emissioni totali di CO_2 nell'edilizia residenziale. Riduzioni annuali di consumi energetici e di emissioni di CO_2
Fonte: Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'effecienza energetica degli edifici (dicembre 2003).

danese, si valuta che i consumi italiani potrebbero diminuire anche sino al 60% degli attuali, riparametrandosi alle effettive condizioni climatiche del paese. Il risparmio che si conseguirebbe, applicando una tale regolamentazione, potrebbe raggiungere valori di 4,3 Mtoe (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) per anno, con una riduzione di CO_2 emessa in atmosfera equivalente a 14 Mtoe per anno.
Il patrimonio edilizio italiano, del resto, è stato edificato in gran parte senza porre alcuna attenzione alla questione energetica ed ambientale, per cui gli edifici, ad esempio, raramente risultano adeguati ad un efficace isolamento termico ed ancora più raramente sono dotati di sistemi per il guadagno termico. In questo hanno inciso fortemente le scelte relative ai sistemi strutturali utilizzati, ai materiali, alla insufficiente attenzione ad una adeguata manutenzione degli edifici (si consideri che almeno i due terzi del patrimonio edilizio non subisce interventi di manutenzione ordinaria da più di 20 anni), etc.
Anche la questione normativa ha avuto il proprio ruolo in ciò. La normativa prodotta in questi ultimi anni ignora l'efficienza di sistema e riguarda soprattutto l'*efficienza degli impianti energetici*, in particolare l'efficienza di trasformazione dell'energia termica prodotta da un combustibile in energia elettrica. Ma, prima ancora, sarebbe necessario garantire l'*efficienza del sistema* energetico nel suo complesso. Per efficienza del sistema energetico si deve intendere la capacità di garantire un determinato servizio (illuminazione, riscaldamento, etc.) attraverso la fornitura della minor quantità possibile di energia primaria (petrolio, carbone, metano, etc.). Preoccuparsi esclusivamente dell'efficienza degli impianti, può portare paradossalmente a peggiorare l'efficienza complessiva del sistema.
L'ottica convenzionale si basa sul fatto di considerare la *domanda* come un parametro in base al quale modulare l'*offerta* e non come una variabile governabile. Per esempio, nel caso in cui il problema sia così formulato: qual'è il sistema di riscaldamento/raffrescamento da installare in un edificio? È evidente che si è compiuta una scelta a priori, poichè la domanda contiene di fatto già una risposta che vincola il livello di efficienza raggiungibile impedendo la ricerca della soluzione migliore. Infatti, la risposta non può che venire dalla scelta, fra un numero "N" di soluzioni (pari al numero di apparecchiature esistenti) di quella più efficiente. La domanda dovrebbe essere riformulata in questo modo: qual è il modo più efficiente di avere una temperatura interna confortevole sia in inverno che in estate? Allora la scelta sarà fra tutta una serie di "M" tecniche di coibentazione, di arieggiamento, di sfruttamento del calore solare o di ombreggiamento e, solo in seconda battuta, una volta definito il minimo apporto impiantistico, tipologia e potenza delle apparecchiature, si potrà procedere a scegliere quella più efficiente. In questo caso la soluzione migliore sarà scelta fra NxM possibili soluzioni. Questa è quella che chiamiamo *efficienza dei servizi energetici*.
Spesso accade, ponendosi in un ottica di questo genere, di scoprire che la migliore soluzione non è utilizzare le apparecchiature più efficienti esistenti sul mercato, ma rendere inutili tali apparecchiature attraverso interventi strutturali ed organizzativi.
Sicuramente un'occasione mancata è relativa alla inadeguata applicazione della legge 10/1991 "Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" che, non essendo stata sostanziata da una efficiente regolamentazione, è stata limitata nella propria incidenza.
La legge, emanata con gli obiettivi di migliorare i processi di trasformazione dell'energia e ridurne i consumi favorendo ed incentivando "in accordo con la politica energetica della Comunità economica europea, l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo di manufatti, l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia, la riduzione dei consumi specifici di energia nei processi produttivi, una più rapida sostituzione degli impianti in particolare nei settori a più elevata intensità energetica, anche attraverso il coordinamento tra le fasi di ricerca applicata, di sviluppo dimostrativo e di produzione industriale", purtroppo risulta ad oggi sostanzialmente inapplicata.
Nel testo della legge sono enunciate le "Norme per il risparmio di energia e l'utilizzazione di fonti rinnovabili di energia o assimilate" (art.11) nonchè le "Norme per il contenimento del consumo di energia negli edifici" (tit.II) da applicare agli edifici pubblici e privati, indipendentemente dalla destinazione d'uso. La legge dispone, inoltre, che siano determinati i limiti per i consumi di energia termica ed elettrica per gli edifici (art.27), attraverso l'emanazione di specifici decreti (art.4) ed in rela-

zione alla destinazione d'uso degli edifici, agli impianti di cui sono dotati e alla zona climatica di appartenenza. Anche la definizione delle modalità con cui operare la certificazione energetica degli edifici (art.30), individuata come atto per la documentazione del valore del fabbisogno energetico dell'immobile da allegarsi in sede di compravendita o locazione, è subordinata all'emanazione di decreti attuativi specifici che non sono stati ancora emanati.

Attualmente, a livello europeo, la Direttiva 2002/91/CE richiede l'emanazione di linee guida nazionali, rendendo obbligatoria, entro il 4 gennaio 2006, l'adozione di uno strumento per la certificazione energetica degli edifici. In Italia, con l'avvenuto trasferimento delle competenze a livello regionale, mentre si sono facilitati i processi per l'attuazione di programmi locali, d'altra parte si renderebbe necessaria l'individuazione di linee di indirizzo nazionali.

A livello locale, infatti, si può registrare in Italia qualche tentativo di avviare iniziative per la certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione come, ad esempio, i certificati energetici rilasciati dall'Ufficio Aria e Rumore della provincia autonoma di Bolzano, le certificazioni emesse dai Punti Energia della Regione Lombardia ed altre analoghe.

La Provincia autonoma di Bolzano, ad esempio, ha introdotto (per ora su base volontaria) un sistema di certificazione degli edifici denominato "Casa-Clima" che consiste in una certificazione del progetto rilasciata dall'Agenzia per l'ambiente che, dopo un'analisi del bilancio energetico dell'edificio, ne individua gli aspetti positivi e negativi, e fornisce informazioni sulle possibilità di intervento migliorativo.

Gli edifici vengono etichettati, a seconda della propria "classe" di consumi, dalla classe A con consumi inferiori ai 30 kWh/mq anno, fino alla classe G con consumi superiori a 160 kWh/mq anno. Questo equivale a dire che se l'edificio in questione utilizza come combustibile il gasolio ed è classificato con 48 kWh/mq/anno, avrà un consumo pari a 4,8 litri per metro quadrato all'anno; se utilizza gas metano, presenta un consumo di 4,8 mc per metro quadro per anno. L'obiettivo è di arrivare ai 3 litri per mq per anno. Il parametro italiano medio di riferimento per il consumo delle abitazioni è di circa 160 kWh/m^2 anno.

Gli studi condotti nell'ambito di tale iniziativa hanno dimostrato che ben il 50% dei consumi nelle residenze è dovuto al riscaldamento delle abitazioni e che circa il 22% dell'energia impiegata viene dispersa attraverso le finestre.

I risparmi energetici ottenibili attraverso il miglioramento delle prestazioni energetiche delle finestre possono essere dunque consistenti.

Ulteriori studi, condotti sulla valutazione dello stato di isolamento termico delle abitazioni, hanno dimostrato che se gli edifici analizzati fossero stati costruiti con un isolamento termico adeguato e con altri accorgimenti elementari per il risparmio energetico, negli ultimi 30 anni le famiglie residenti avrebbero risparmiato cifre comparabili anche al valore stesso dell'appartamento ed anche soltanto limitandosi a migliorare l'isolamento termico, si sarebbe risparmiato più del 30% delle spese.

Altre ricerche hanno messo in evidenza come fosse poco diffusa la consapevolezza da parte dei residenti del costo energetico della loro abitazione, a differenza, ad esempio, del consumo della propria auto. Si tratta per questo di aumentare i livelli di consapevolezza del problema e fornire strumenti operativi per la sua riduzione.

Fonti bibliografiche

- AA.VV. (2004), *Libro Bianco Energia, ambiente, edificio*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ENEA, FINCO, Abstract
- *An assesment of EU member states' climate change programmes and the likely contribution to these from buildings related measures*, Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'Efficienza energetica degli edifici, dicembre 2003
- Rapporto IEA (International Energy Agency) (2003), "World Energy Outlook"
- Andrea Masullo (2003), *Power Switch - Cambiamo Energia: strategie per un sistema energetico sostenibile*, Dossier Attenzione, WWF Italia
- Lattanzi V., Cappelletti F. (2003), *La certificazione energetica degli edifici nelle raccomandazioni UNI-CTI*, in *Energia, ambiente e innovazione*, n.6/03
- Malosti Dario (2002), "Per la sostenibilità del settore civile", ENEA – Agenzia per lo sviluppo sostenibile, in Termotecnica, giugno 2002
- GEPVP (2000), *Energy and Environmental benefits from advanced double glazing in EU dwellings*
- GEPVP (2000), *Thermie revision 200/2001 – Calculation methods used to evaluate the benefits attributable to improved window U values*
- AA.VV. (1999), *Individuazione di un sistema di classificazione (rating) per l'edilizia residenziale italiana*, in *Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro*, vol.29
- Noberto Tubi (1998), "Involucro ed energia", in Ambiente costruito, gen.mar. 1998
- GEPVP (1995), *Low-E glass in buildings. Impact on the environment & on energy savings*, DG XVII Thermie, Commissione Europea

Siti Internet

http://www.saint-gobain-glass.com/it/a1.htm

http://www.provinz.bz.it/umweltagentur/2902/klimahaus/index_i.htm

http://www.worldenergyoutlook.org

http://www.glaverbel.com

http://www.pilkington.com

L'uso del vetro negli edifici ecologici / *The use of glass in green buildings*

Adriano Paolella

La progettazione ambientale degli edifici sceglie i materiali considerando i consumi energetici e gli impatti della loro fabbricazione, della messa in opera, della gestione dei sistemi tecnologici a cui afferiscono.
La progettazione ambientale degli edifici considera le condizioni del contesto, i risultati ottenibili per il benessere degli abitanti e per la riduzione dei consumi, non ha pregiudizi nei confronti di alcuna soluzione, ma sceglie in base alla qualità dell'interazione nel sistema sociale e ambientale.
La scelta dei materiali dunque non è una azione ideologica; non rimanda ad una immagine, ad una forma culturale espressiva che rappresenti e sostanzi un modello. La sua principale finalità, seppure non unica, è volta al miglioramento della qualità della vita delle persone attraverso la costruzione di spazi che garantiscano prestazioni ambientali e sociali qualificanti.
Questa è l'edilizia ecologica. Ma non tutto e non sempre il progetto del costruito ha avuto questa tensione. All'edilizia si è spesso attribuita una funzione di rappresentazione che ha di fatto marginalizzato ogni altro obiettivo.
Anche oggi i progetti dei grandi edifici, pubblici e privati, puntano a sintetizzare una forma riconoscibile, memorizzabile, così forte da ricomporre il paesaggio in cui si inserisce e divenire punto di riferimento.
Il vetro è tanto diffusamente utilizzato per tali progetti che la sua immagine appare strettamente connessa ad essi. Questa modalità di progettare trova le sue più recenti origini nelle architetture sognate all'inizio del secolo scorso. A coronamento della sua ipotesi di città, Bruno Taut nel 1919 poneva "la costruzione sublime, quella che, completamente svincolata da ogni limitazione pratica, troneggia su tutto il resto come architettura pura. È il palazzo di cristallo, costruito in vetro, il materiale da costruzione che rappresenta, nella sua essenza splendente, trasparente e rilucente, qualcosa di più di un semplice materiale comune" [Taut B., (1973)]. È evidente che il vetro in questa ipotesi rappresentava qualcosa di più di un semplice materiale: la sua capacità di essere trasparente e leggero, pulito ed omogeneo, lucente e impalpabile stimolava una sua utilizzazione simbolica ed evocativa di un mondo migliore o astratto.
Le ipotesi di Taut avevano sostegno nelle elaborazioni di Paul Sheerbart del 1914: "La superficie della terra cambierebbe moltissimo se l'architettura in mattoni venisse eliminata e ovunque sorgesse al suo posto l'architettura di vetro. Sarebbe come se la terra si ricoprisse di gioie preziose in smalto e brillanti. La magnificenza di un simile spettacolo è addirittura inimmaginabile. E ovunque avremmo sulla terra splendori e delizie più grandi di quelle che si trovano nei giardini delle Mille e una notte. Avremmo un paradiso sulla terra, e non sentiremmo più il bisogno di guardare con nostalgia al paradiso nel cielo" [Scheerbart P., (1982)].
Il vetro era lo strumento per aprire gli spazi chiusi ritenuti limitativi del miglioramento della civiltà: "Se vogliamo elevare il livello della nostra civiltà saremo quindi costretti, volenti o nolenti, a sovvertire la nostra architettura. E questo ci riuscirà soltanto eliminando la chiusura degli spazi in cui viviamo. Ma ciò sarà possibile soltanto con l'introduzione dell'architettura di vetro, che permette alla luce del sole, al chiarore della luna e delle stelle di penetrare nelle stanze non solo da un paio di finestre, ma direttamente dalle pareti, possibilmente numerose, completamente di vetro, anzi di vetro colorato". Così Paul Scheerbart nel 1914 [Scheerbart P.,(1982)].
Ma il vetro era anche uno dei pochi materiali edili scaturito dalle grandi modificazioni dei sistemi produttivi ed in possesso della qualità propria dei prodotti industriali: "L'industria non potrà non cambiare la faccia del mondo. La nuova tecnica appare come un dono prometeico: non soltanto offre possibilità operative illimitate, ma nuove materie, che già portano in sé un principio formale, una virtualità creativa. La società di fatto è inadeguata alla potenza della propria tecnica: imperfetta, disarmonica, lacerata da contraddizioni interne ..." [Taut B., (1973)].
È l'immagine della modernità che il movimento moderno conferisce alle architetture in vetro, illuminate e illuminanti, alte, non piegate alle limitazioni della materia. Il rapporto tra luce e vetro è strettissimo: "Delle notti di luce che l'architettura di vetro ci procurerà non possiamo tuttavia dire nient'altro se non che esse saranno davvero 'indescrivibili'" [Scheerbart P., (1982)].
È un'immagine ideologica che in quanto tale non considera le motivazioni speculative che sono, ad esempio, alla base dell'aumento dell'altezza degli edifici, con la sostituzione nelle aree a maggiore redditività (e dunque a maggiore richiesta) di edifici più bassi con edifici più alti.
Un'immagine ideologica che è evidentissima nelle note di viaggio di Le Corbusier negli Stati Uniti d'America. Egli riconosce la grande capacità di un paese e dei suoi abitanti di comporre una società profondamente diversa da quella europea dove gli stimoli individuali sono ben accolti, dove le città si trasformano continuamente adattandosi alle necessità di mobilità e di produttività: "Lunedì mattina quando il piroscafo Normandie si è fermato alla *quarantena* ho visto levarsi nella foschia una città fantastica, quasi mistica. 'Ecco il tempio del nuovo mondo!'. Ma il piroscafo avanza e l'apparizione si trasforma in un'immagine di una brutalità inaudita. Certamente è questa la manifestazione più appariscente della potenza dei tempi moderni. Una brutalità e una barbarie che non mi dispiacciono del tutto. E così che iniziano tutte le grandi avventure: con un atto di forza" Così Le Corbusier nel 1935 [Le Corbusier, (1975)].
La sagoma di New York rimanda alla *stadtkrone* ma rimanda anche alle città medioevali dove il cuore del costruito, la cattedrale, era l'edificio più alto, leggero, visibile e meraviglioso che interpretava l'intero essere della comunità: "Quando le cattedrali erano bianche, la partecipazione era unanime, in tutto. Non c'erano cenacoli a pontificare; era il popolo, era tutta la nazione che camminava" [Le Corbusier, (1975)].
Il mondo nuovo è collegato all'entusiasmo per la modernità, alla capacità tecnica, ai processi produttivi industriali affascinanti come quello di una catena di montaggio di autoveicoli descritto da Le Corbusier nel 1931: "Salvo errore, una vettura ogni quarantacinque secondi. Alla fine della cinghia, i meccanici si danno il cambio; uno monta svelto, si siede, preme il bottone della messa in moto. Come oppressi ci si dice: 'Questa volta non partirà, farà cilecca!'. Invece non fa mai cilecca. Perché è così. Lucida, impeccabile, senza una macchia d'olio o di grasso, senza un'impronta di dita sulla vernice splendente, la vettura è filata via, e scompare. È nata come nell'epopea mitologica, subito adulta. È partita nella vita." [Le Corbusier, (1975)].
"Il grattacielo è costruito in acciaio, scheletro intrecciato come una filigrana nel cielo, costruzione leggera, prodigiosamente chiara e libera ... L'esterno dei grattacieli, la facciata, può essere solo una pellicola di vetro, una pelle di vetro. Perché ripudiare la ricchezza stessa: la luce che entra a fiumi? ... I grattacieli di vetro si leveranno limpidi, netti, come cristalli in mezzo al frondeggiare degli alberi" [Le Corbusier, (1975)].

Il fascino dei sistemi produttivi, delle promesse del moderno, della bellezza dei prodotti e delle loro capacità tecniche riempiono di valore, sublimati, il progetto architettonico che è documento di una ideologia che non cura il benessere diretto, reale, delle persone, ignorando di queste tutti gli aspetti relazionali, con la comunità e con l'ambiente, riportandoli in un quadro teorico di necessità e piaceri. L'architettura non progetta per l'uomo ma per l'uomo moderno.
L'architettura moderna è stata da più parti criticata e la progettazione contemporanea è meno attenta a definire un linguaggio universale. Essa pretende una creatività svincolata dallo stile, dalla tecnica, dalle esigenze. Una creatività tesa alla definizione di forme, di immagini che possano incantare e attraverso di esse promuovere la committenza, il proprietario dell'edificio, mostrando come, attraverso il progetto, essa si colloca al centro della città e della società, interlocutore privilegiato e qualificante.
Di questo passato ancora oggi si rilegge l'eredità.
La volontà di esprimere un segno rileggibile, il desiderio di trasformare gli ambiti urbani con gesti creativi, il progetto di sostituzione piuttosto che di rilettura e trasformazione, la sicurezza, quasi un credo, di potere produrre meglio di quanto fatto in passato è oggi certezza diffusa. Ciò è ricercato non più attraverso la condivisione di una progettazione attuata in nome comune ma attraverso la sommatoria di azioni individuali.
In comune ancora il mito del progresso e della contemporaneità (modernità), della tecnica garante di miglioramenti, lo stupore verso le soluzioni tecnologiche più recenti.
Gran parte dell'architettura contemporanea è tesa a stupire ed anticipare le tendenze evolutive in atto. E nel fare questo spesso anticipa un futuro che non sarebbe esistito se non fosse stato realizzato dal manufatto progettato.
Parte dei progettisti ritiene dunque che la contemporaneità debba essere immateriale, debba avere una leggerezza sua propria, debba lasciare libera la creatività. E di frequente la creatività, per dimostrare di non avere vincoli, forza anche i vincoli elementari della statica, delle funzioni, del piacere. Disinteressata al benessere comune, la creatività produce forme con il preciso intento di stupire e per fare questo usa tutti i materiali. Ma in particolare utilizza materiali di sintesi nuovi, quelli con prestazioni e forme non note che, proprio per questo, possiedono già intrinsecamente una maggiore potenzialità di stupire.
Anche oggi i meccanismi economici che collaborano in questo percorso sono tralasciati. E così non si considera quanto frequentemente gli edifici contemporanei e innovativi siano l'esito di operazioni immobiliari che trovano nella qualità del progetto giustificazione e motivazione; o si tralascia l'interesse della committenza, quasi sempre costituita da grandi compagnie, per questo tipo di edifici attraveso i quali diviene possibile attuare una incisiva comunicazione commerciale; o si ignorano gli effetti che tali costruzioni apportano sui tessuti sociali. E così si trascura quanto la sommatoria di queste forme non migliori effettivamente la qualità della vita urbana, ma determini esclusivamente una forma molto aderente al modello di riferimento.
La gestione della città, delle esigenze dei cittadini, della conservazione e riqualificazione dei tessuti urbani e degli edifici, è passata in secondo ordine rispetto alla qualità dei singoli edifici a cui è affidato il compito di qualificare e comporre l'insediamento.
La ricerca, da parte dei progettisti della meraviglia, dell'astrazione, la tensione a "liberarsi" dalle "costrizioni" formali e materiali producono la parte più vista degli edifici contemporanei.
La torre costruita recentemente da Norman Foster a Londra per la Swiss Re è un chiaro esempio in questo senso. L'interesse del progettista sembra concentrarsi nella creazione di un'immagine architettonica che si debba porre nel contesto urbano (pensato come profilo d'immagine, skyline) come manufatto riconoscibile, contribuendo così profondamente alla riorganizzazione spaziale della città da divenirne simbolo o comunque elemento di caratterizzazione *(figura 1)*. L'interesse per le relazioni con il contorno e per i rapporti con gli abitanti appare assolutamente in secondo piano, tanto che questi temi non hanno trovato che una marginale considerazione all'interno del progetto.
Il risultato è un profilo urbano che si riferisce così strettamente ad un modello, che anche l'inquadratura fotografica rimanda a simili inquadrature di altre città. La differenza, all'interno del modello è costituita dalla diversità dei singoli edifici *(figura 2)*.
Il vetro è strumento per definire le immagini dell'edilizia liberata dalle "costrizioni" della gravità, della pesantezza, della matericità. Ed in questo ancora rappresenta quel nuovo così fortemente ricercato dal modello economico e produttivo. E diviene rappresentazione di una ideologia basata sull'indifferenza dei meccanismi alla base del modello e sull'interesse alla creazione di una immagine che assume presupposti di ordine morale, rappresentazione di una società apparentemente egualitaria e aperta.
Inoltre, il vetro ben si presta a rispondere a quella parte di desideri contrastanti che convivono nella quotidianeità e di cui è chiesta contemporanea soddisfazione, forse proprio per rimarcare il piacere del superamento dei limiti. L'esigenza di chiudersi, nascondersi, sottrarsi è contemporanea a quella di aprirsi, mostrarsi, esporsi: da un lato la ricerca, spesso esagerata, di sicurezza e quindi il desiderio di chiudersi, di avere relazioni selezionate con l'esterno, con le situazioni non controllate e programmate; dall'altra la mobilità, la ricerca di relazioni e il desiderio di vedere, aprendosi verso mondi e situazioni diverse, seppur programmate e controllate; da un lato la ricerca di privacy, della limitazione del proprio territorio dove nascondersi agli sguardi e, dall'altro, il piacere dell'esibizione della propria privacy; da un lato la volontà di sottrarsi ai fenomeni ed alle condizioni fisiche e naturali ritenute non gradevoli (le temperature, il rumore ad esempio), dall'altro il piacere di esporsi alle condizioni ed ai fenomeni naturali ritenuti gradevoli (raggi del sole ad esempio).
Infine, le grandi superfici vetrate che caratterizzano gli edifici per uffici rimandano ad una modalità operativa. Una omogeneità di modalità di uso, vaste superfici in cui vengono svolte attività regolate da una scansione temporale che rende omologabili i requisiti cui rispondere con appropriati sistemi di controllo. In tal modo è possibile ipotizzare che le caratteristiche ambientali interne possano essere gestite in base ad un numero relativamente limitato di input da inserire nei software di gestione.
L'uso del vetro si sviluppa in questo tipo di edilizia per la rispondenza ad un modello culturale sia per quanto attiene i processi produttivi, progettuali e costruttivi, sia per l'aderenza all'immagine richiesta.
Il vetro *è trasparente*. La richiesta della massima trasparenza da parte della domanda, dei progettisti, ha trasformato i processi produttivi, riduce la possibilità di riciclo del materiale, richiede una maggiore attenzione ed un maggiore impegno energetico. Ma la massima trasparenza, la mancanza di seppur minime imperfezioni, è la concretizzazione dell'astrattezza che è una delle caratteristiche fondamentali dell'immagine progettuale.
La trasparenza consente di avere una doppia immagine dell'edificio: quando esso è illuminato dall'esterno (di giorno, dalla luce solare) e quando è illuminato dall'interno. L'edificio aumenta la sua profondità: l'involucro, la facciata, assumono di notte una maggiore profondità, resa possibile dalla visibilità degli spazi interni, rendendo visibili dall'esterno gli spazi del lavoro attraverso cui le società si mostrano come in una scena di teatro *(figure 3-4)*.
Il vetro *è leggero*. Consente dunque di ridurre la struttura portante, di ridurre gli spessori delle partiture. Gli edifici si svuotano della loro massa, divengono impalpabili, quasi apparentemente immateriali, non as-



Figura: 1







Figure: 2, 3 e 4





Figure: 5 e 6



Figura: 7



Figure: 8, 9 e 10



Figura: 12



Figura: 13



Figura: 11



Figura: 14

soggettati alle leggi della gravità *(figura 5)*.
Il vetro *si pulisce*. Una delle più diffuse critiche al vetro è che lo sporco che vi si deposita risulta maggiormente visibile, per cui bisogna procedere frequentemente alla sua pulizia. D'altra parte il vetro si può pulire. In situazioni come quelle urbane "occidentali" - tra le più sporche e dannose per la salute degli uomini ma tra le più "igieniste" - questa è una caratteristica fondamentale.
Il vetro *si compone*. È un prodotto industriale che può essere tagliato e sagomato rispondendo al disegno elettronico del progetto. Può essere aggregato in un numero elevato di dimensioni e di forme. Risponde a quel desiderio di complessità che è proprio delle forme contemporanee.
Il vetro *si sostituisce*. Si può sostituire per parti o con facilità per sistemi. La sua fragilità, in un modello in cui l'edificio è a tempo, non rappresenta un limite. L'elevata smontabilità e la riciclabilità teorica sono caratteri corrispondenti a quanto richiesto dal modello.
Il vetro ha *prestazioni elevate*. Le prestazioni del vetro in termini di sicurezza, di isolamento acustico e climatico sono aumentate notevolmente e risultano sufficienti per un modello di edificio che comunque non si pone obiettivi energetici né ambientali.
Tutto ciò ha maggiore risonanza in una società profondamente incentrata sulla visione, dove l'immagine che si modifica nel tempo ha assunto una centralità inaspettata. I manufatti tendono ad essere degli schermi sui quali si concretizzano immagini. E il vetro garantisce la visione.
Questa è la stretta relazione tra vetro ed un modello di edificio. È sicuramente quella maggiormente riscontrabile nelle riviste specializzate e nell'immaginario delle persone. Ma in realtà l'uso del vetro ha una consistenza ed una dimensione operativa molto più vasta e qualificante di quella promossa e visibile del modello globalizzato.
Tutti gli edifici utilizzano il vetro in forme, dimensioni e funzioni diverse, ed anche nell'edilizia maggiormente attenta alle questioni ambientali la presenza del vetro è qualificante.
Nell'architettura ecologica, nel progetto ambientale degli edifici, il vetro è un materiale fondamentale sebbene non chiamato alla rappresentatività che ha assunto nel modello "contemporaneo".
I ragionamenti che sono alla base della scelta dei materiali all'interno dell'edificio ecologico non sono motivati dalla necessità di creare un'immagine né di rappresentare idee, committenza, progettisti. L'edificio ecologico è finalizzato al raggiungimento del benessere degli abitanti attraverso la riqualificazione dell'ambiente e la definizione di manufatti piacevoli e composti sulle necessità degli individui e delle comunità.
L'edificio ecologico determina le sue scelte in base alle ***funzioni***. Il rapporto tra luce e vetro e quindi la quantità di vetro presente è determinata dalla necessità di luce all'interno dell'edificio e dalla qualità e distribuzione della stessa. I luoghi della penetrazione della luce sono definiti in base ai luoghi ed alle quantità dell'uso della luce naturale e degli strumenti di diffusione utilizzati.
Nella scuola materna di Stoccarda realizzata da Joachin Eble nel 1995 *(figura 6)* l'uso del vetro è volto alla creazione di spazi specifici per i bambini diversamente illuminati: le bucature sono progettate con dimensioni e forme diverse e l'immagine dell'edificio si articola per creare spazi e luminosità connesse alle attività ed al piacere dei fruitori.
Alla stessa maniera la visibilità sia dall'interno verso l'esterno, sia al contrario, viene determinata non in ragione dell'immagine o della sensazione che si vuole creare, ma principalmente dalle necessità di vivibilità dell'ambiente interno.
L'edificio ecologico determina le sue scelte in base al ***peso ambientale.*** La convenienza ambientale considera l'obiettivo del minore impatto in tutto il ciclo di vita del materiale e del sistema a cui partecipa, ma anche delle possibili soluzioni diverse. Il fatto che il vetro, ad esempio, sia riciclabile di per sé non garantisce che abbia un minore impatto rispetto ad un altro materiale caratterizzato da una minore riciclabilità, ma da una durata di esercizio maggiore. Nella determinazione dei costi ambientali l'onere gestionale e del funzionamento hanno una importanza fondamentale e la scelta viene fatta nella considerazione dell'intero sistema produttivo, costruttivo, gestionale.
L'edificio ecologico determina le sue scelte in base alla ***appropriatezza sociale***. Il modello sociale e produttivo di riferimento pone una maggiore attenzione alla qualità del lavoro e della vita delle persone: ricerca l'autonomia delle comunità e non pratica la separazione delle funzioni e la specializzazione degli edifici, ma tende all'organica distribuzione di attività propria del progetto complessivo dell'abitare.
L'edificio ecologico determina le sue scelte percependo la diversità dei ***luoghi*** e le ***interazioni*** con essi. La soluzione adottata da Carlo Baumsclager e Dietmar Eberle nella scuola superiore di Mader (Austria), è replicata in tutte le quattro pareti esterne dell'edificio *(figura 7)*. Il doppio involucro composto dalla vetrata interna e dalle lastre di vetro sovrapposte esterne è applicato senza specifiche declinazioni nelle quattro facciate. L'omogeneità della soluzione appare ignorare le variazioni delle condizioni in cui essa opera; queste, seppure di livello minimo, debbono essere interpretate al fine di ottimizzare le soluzioni progettuali che, altrimenti, per ottenere gli stessi risultati energetici ambientali in contesti diversi, possono risultare sovradimensionate.
L'uso del vetro nella Casa nel Perche, Normandia (Francia), dell'architetto Sonia Cortese *(figure 8-9)* è una testimonianza di come le superfici vetrate assumano una diversa configurazione in ragione delle condizioni in cui operano. Gran parte delle pareti esterne vetrate sono protette da infissi in legno a doghe orizzontali; questi infissi possono scorrere lungo dei binari liberando completamente la superficie vetrata o funzionare da brise soleil con la posizione delle doghe ampiamente regolabile. L'unica superficie vetrata non protetta da questo sistema è una striscia orizzontale posta in alto nella parete sotto la copertura. La copertura è aggettante: d'estate impedisce al sole di colpire direttamente il vetro, mentre d'inverno consente la realizzazione di un effetto serra.
In questo caso, al di là delle capacità tecniche del materiale vetro, esso è inserito all'interno di un sistema costruito che prevede di gestire le condizioni locali e favorisce l'adattamento del manufatto da parte dell'abitante al variare delle situazioni esterne e delle proprie necessità.
La capacità tecnica del materiale è una componente del progetto che viene qualificata dal sistema in cui si inserisce. In tale maniera si riducono anche le richieste di prestazione dei materiali, favorendo la loro utilizzazione in sistemi predisposti all'ottimizzazione delle funzioni.
L'edificio ecologico tende ad aumentare ***l'efficienza ambientale del contesto costruito*** in cui si inserisce attraverso l'aggiunta di elementi e la conservazione-trasformazione dell'esistente. La riqualificazione ambientale del quartiere di Fiedensgade a Kolding realizzato da Torben Gade tra il 1995 e il 1996 *(figura 10)* evidenzia come il progetto ambientale integri e funzionalizzi l'esistente e come il vetro in esso svolga un ruolo fondamentale. Torben Gade aumenta la superficie vetrata negli edifici in muratura, aggiunge serre, lucernai, amplia le finestre al fine di migliorare l'efficienza energetica e costruisce un sistema orticolo basato sulla depurazione delle acque ottenuta all'interno della piramide di vetro.
Il tema dell'aumento dell'efficienza è affrontato dallo Studio Spowers nella ristrutturazione dell'edificio commerciale in Melbourne nel 2003 *(figura 11)*. Il progetto prevede l'aggiunta di un piano ad un edificio del XIX secolo e il miglioramento delle prestazioni energetico ambientali. La sopraelevazione si pone come motore per il raffrescamento/riscaldamento attraverso la messa in opera di componenti in vetro ed altri materiali e la modificazione di alcuni spazi. Il risultato ottenuto è la ricomposizione dell'intero edificio in un nuovo organismo con elevate prestazioni.
La ***relazione con le tecniche locali*** è di grande interesse. Nella scuo-

la di C.Hlade in Himalaya *(figura 12)* la parte in vetro è utilizzata per scaldare l'intero piccolo edificio aumentando così le sue prestazioni ambientali e riducendo i consumi di combustibile.
In questo favorisce la comunità che non ha disponibilità di combustibile né la possibilità di sostenerne i costi d'acquisto. Tutta la costruzione al di là della vetrata è fatta con tecniche tradizionali e materiali locali (terra cruda) secondo schemi molto semplici e si inserisce nella morfologia al fine di utilizzare il dislivello del terreno come ulteriore protezione dal freddo.
La ***connessione con la natura*** non è una connessione visiva ma stutturata e organica. La vegetazione negli edifici non è un arredo, un simbolo, una visione ma una relazione funzionale, tesa al miglioramento dell'efficienza ambientale dell'edificio ed al recupero, ripristino, riqualificazione o conservazione dell'ecosistema in cui l'edificio si inserisce.
L'abitazione progettata in Germania da John Pawson *(figura 13)* si accontenta di definire una relazione percettiva dei siti e dell'abitazione nel sito. Una azione autolimitata che mostra tutto il disinteresse per l'ambiente, considerato solo in qualità di fondale al progetto. "Il vetro trasformò i rapporti fra l'umanità e il mondo naturale. Modificò il senso della realtà, privilegiando la vista rispetto alla memoria; suggerì nuovi concetti di prova e dimostrazione; alterò il senso di sé e l'idea di identità" [Macfarlane A., Martin G. (2003)]. Questo non toglie che un maggiore interesse nei confronti di una verifica del peso ambientale appare oggi inalienabile e fondativa delle scelte progettuali.
L'***autoproduzione energetica*** è un elemento sostanziale dell'edificio ecologico ma è parte integrante dell'edificio stesso. Ben diverso è l'uso del vetro fatto da Marco Visconti nella nuova officina meccanica Ferrari in Maranello nel 2002 *(figura 14)*. La serra è un oggetto funzionale alla produzione dell'aria calda, affiancato all'edificio e connesso ad esso esclusivamente con questo scopo; un elemento non organico all'edificio, che non ne considera l'esistenza; una forma che rimanda ad una progettazione settorializzata degli edifici e compartimentata dell'esistenza; un'immagine forte che promuove l'efficienza produttiva e innovativa della committenza. Nulla a che vedere con i ragionamenti ecologici.
Dalle considerazioni svolte emerge come il vetro, abbandonato il ruolo che è stato chiamato a svolgere all'interno di uno specifico modello del costruito, svolge un ruolo fondamentale all'interno dell'edilizia ecologica.
In essa ogni materiale ha un ruolo determinato dalla comprensione delle prestazioni e dei livelli e delle potenzialità d'uso.
Questa è una garanzia in quanto risponde ad una logica di interesse comune; impedisce la promozione acritica dei materiali e delle merci e la diffusione di soluzioni basata esclusivamente sulla convenienza economica dei produttori e degli utilizzatori.
Le variabili di giudizio afferiscono ad un ambito molto più esteso, ambito la cui considerazione, ad esempio, rende critici rispetto alla sostituzione del vetro con materiali plastici più leggeri, più facili da montare, più economici ma i cui caratteri non rispondono ai criteri ecologici.
Il vetro si pone come parte di edifici multimateriali che ricercano in ciascun materiale risposte specifiche e il massimo dell'efficacia con il minimo del consumo di energia e di risorse. Edifici diversi in quanto la diversità arricchisce e irrobustisce il sistema insediativo locale e lo difende dalla sudditanza al modello unico che tende ad usare un numero ridotto di materiali e di soluzioni. Edifici che comprendono le risorse locali in ragione della permanenza di una capacità tecnica diffusa localmente e della capacità delle comunità di individuare e praticare modelli di vita adeguati alle loro esigenze ed ai loro luoghi: materiali presenti in aree locali, sistemi tecnologici specifici, produzioni e tecniche collegate alle risorse ambientali e sociali locali.
In questo l'immagine del vetro può disconnettersi dalla ricerca estremamente spinta al miglioramento delle prestazioni che conduce alla trasformazione dei caratteri del materiale stesso, potendo invece trovare posto nella ricerca della specifica funzionalità all'interno di un sistema tecnologico multimateriale, ricerca propria dell'ambito progettuale dell'edificio ecologico.
Ricercando in questo una identità non esclusivamente connessa agli edifici di consumo, all'immagine, ma fondata sulla considerazione che gli individui e le comunità raggiungono il benessere quando si consideri la loro cultura, le radici del loro vivere -quando esse non risultino dannose- senza imporre soluzioni lontane -siano esse il progetto di un uomo nuovo (come il movimento moderno) o il progetto di un futuro nuovo (come l'architettura contemporanea globale)- ma proponendo un progetto per gli uomini e per il loro futuro.

Fonti bibliografiche

- Taut B. (1973), "La corona della città" ("Die Stadtkrone"), Gabriele Mazzotta Editore, Milano
- Scheerbart P.(1982), "Architettura di vetro", Adelphi Edizioni, Milano
- Le Corbusier (1975), "Quando le cattedrali erano bianche", Faenza editrice, Faenza
- MacFarlane A., Martin G. (2003), "Una storia invisibile. Come il vetro ha cambiato il mondo", ed. Laterza, Bari.

Fonti delle immagini

- Gottard F. (2003), "Marco Visconti. Fiat Engigneering. Nuova officina meccanica Ferrari", in "L'architettura naturale" n.20, anno 2003, EdicomEdizioni
- Alessi A.L.M. (2003), "Spowers Architects. 60L Green Boulding, Melbourne", in "L'architettura naturale" n.20, anno 2003, EdicomEdizioni
- Hlade C. (2002), "Solarschule in Himalaya", in Detail, n.6, 2002, Birkauser ed.
- Labree A. (2003), "Doorzichtig Kantoorgebouw", in Innoverre, n.2, ed. Saint Gobain Branche Vitrage
- Sudjic D. (2003),"Una casa in Germania. Una nuova architettura di John Powson", in Domus, n.865, 2003, ed. Domus
- Aoki J. (2003), "Kazuyo Sejima + Ryne Nishizawa: a portrait by Jun Aoki", in GA Houses, n.73 - Japan V, 2003, A.d.A. Edita Tokio
- Sasso U. (2003), "Bioarchitettura. Forma e formazione", ed. Alinea, Firenze.

Environmental planning of buildings requires a choice of materials which takes into account energy consumption and the impact involved in construction, as well as the running of the technological systems they concern.
Environmental planning of buildings takes into account conditions present in the context and the results to be achieved concerning the wellbeing of residents, and reduction of consumption. It is without preconceptions as far as solutions go; it chooses on the basis of quality of interaction in the social and environmental system.
Thus, the choice of materials is not ideological, it does not appeal to an image, an expressive cultural form which represents and substantiates a model. Its main, but not only, aim, is improving the quality of life by means of the construction of spaces which guarantee an environmental and socially vital service.
This is green building. However, it is not the whole building project which has this characteristic – and not always. Building has often been attributed a representative function which has in fact marginalised all other objectives.
Today also, plans for important buildings, public and private, aim at synthesizing a recognisable, memorable form, strong enough to recompose the landscape it is part of so as to constitute a focal point. Glass is so common in these projects that its image seems closely associated with them. This way of planning has its most recent roots in the "longed-for architecture"of the beginning of the last century. As a finishing touch to his hypothesis of a city, Bruno Taut in 1919 imagined "the sublime construction, that which, totally detached from any practical limits, towers over all the rest like pure architecture. It is the crystal palace, built in glass, that construction material which represents, in its splendent essence, something greater than a simple common material" (Taut B., 1973).
It is clear that glass, according to this hypothesis, constitutes something more than a simple material. Capable of being transparent and light, clean and homogeneous, bright and impalpable, its use as symbol, evocative of a better, abstract world, is encouraged.
Taut's hypotheses found support in the elaborations of Paul Sheerbart in 1914, "The surface of the earth would change radically if architecture in brick was to be eliminated and in its place, we had glass architecture, everywhere. It would be as if the earth had covered itself with enamelled jewels and diamonds. The magnificence of such a spectacle is really unimaginable. And everywhere on earth greater splendours and delights than those to be found in the gardens of the Thousand and One Nights. We would have a paradise on earth, and we would no longer feel the need to look back nostalgically to a paradise in the heavens" [Scheerbart P., (1982)].
Glass was a tool for opening up those closed spaces which were thought of as a limit to the improvement of civilisation. "If we wish to elevate our civilisation we will thus be forced, whether we like it or not, to subvert our architecture. And we will be able to do this only by eliminating the closure of the spaces we live in. But this will be possible only with the introduction of glass architecture which allows the light of the sun, the glimmering of the moon and the stars to penetrate into our rooms not only through a couple of windows, but directly from the walls – numerous, if possible, all glass, coloured even". Thus, Paul Scheerbart in 1914 [Scheerbart P.,(1982)].
But glass was also one of the few materials deriving from the great modification of manufacturing systems and possessed those qualities which were typical of industrial products. "Industry cannot fail to change the face of the world. New techniques seem a Promethean gift, not only do they offer unlimited operational possibilities, but also new materials, which already carry within them a formal principle, a creative virtuality. Society does not measure up to its technical potential. It is imperfect, disharmonious, lacerated by internal contradictions..." [Taut B., (1973)].
It is the image of modernity that the modern movement assigns to glass architecture, illuminated and illuminating, tall, unsubdued by the limits of material. The relation between light and glass is extremely close "We can say nothing of the nights of light which glass architecture will provide for us except that they are really 'beyond description' [Scheerbart P., (1982)].
It is an ideological image which, as such, does not consider the speculation behind the increase in building height, for example, with lower buildings being replaced by taller ones in high-income areas (where the demand is highest).
An ideological image which clearly stands out in the travel notes of Le Corbusier in the USA. He recognised the great capacity of a country and its inhabitants to create a society which was totally different, compared to Europe; where individual stimuli are warmly welcomed; where the cities are transformed constantly, adapting themselves to the needs of mobility and productivity.
"Monday morning when the steamship Normandie *stopped at quaratine I saw, rising in the mist, a fantastic city, mystical almost. 'Here is the temple of the new world!'But the steamship advanced and the apparition was transformed into an image of unheard-of brutality. This surely is the most glaring demonstration of the power of modern times. A brutality and barbarity which I do not entirely dislike. It is in this way that all great adventures begin, with an act of force". Le Corbusier in 1935 [Le Corbusier, (1975)].*
The silhouette of New York calls to mind the stadtkrone, *but also medieval cities where, at the heart of the buildings, the cathedral was the tallest light, visible and marvellous, interpreting the entire being of the community. "When the cathedrals were white, participation was unanimous, in everything. No coteries pontificating, it was the people, the whole nation walking" [(Le Corbusier, (1975)].*
The new world is associated with enthusiasm for modernity, technical capacity, fascinating industrial manufacturing processes like that of an assembly line for automobiles, described by Le Corbusier in 1931. "If everything goes smoothly, there is a car every forty-five seconds. At the end of the line, one worker takes the place of another, he gets in, sits down, switches on the ignition. As if oppressed, one says, "This time it won't start, it will misfire!" But it never misfires. That's how it is. Lucid, impeccable, without a stain, oil or grease, without a fingerprint on the shiny paint, the car rolls away, and disappears. It is born, as in a mythological epic, at once an adult. [Le Corbusier, (1975)].
"The skyscraper is built in steel, a threaded skeleton like a filigree in the sky, a light construction, prodigiously clear and free. The outside of the skyscrapers, the facade, can only be a film of glass, a skin of glass. Why repudiate wealth itself, the light which flows in?... Glass skyscrapers will rise limpid, sharp, like crystals during the leafing of trees" [Le Corbusier, (1975)].
The fascination of manufacturing processes, the promises of the modern, the beauty of products and their technical capacities, sublimated, totally enhance the architectural project, the document of an ideology which takes little notice of the direct, real wellbeing of people, ignoring all their relations with the community and with the environment, transferring them to a theoretical framework of needs and pleasures. Architecture does not plan for man but for modern man.
Modern architecture has been criticised by many, and contemporary planning is less careful about defining a universal language. It claims a creativity detached from style, technical aspects, needs. A creativity inclined towards defining forms, images, which might

enchant and by means of these stimulate the client, the owner of a building, indicating, through the project, the links between that creativity and the city and society, a privileged, vital, interlocutor.
Still today we see the inheritance of this past.
The will to express a re-legible sign, the desire to transform urban contexts by means of creative gestures, substitution rather than rereading and transforming, the certainty, practically a creed, of being able to produce better than in the past; all this, today, is commonplace. This is no longer sought in shared planning carried out in common, but in the summation of individual actions.
Once more in common is the myth of progress and all that is "contemporary" (modernity), the technical, guarantor of improvements, astonishment about the most recent technological solutions.
Most contemporary architecture aims at astonishing and anticipating ongoing evolutionary tendencies. In doing so, it often anticipates a future which would not have existed if the planned artefact had not realised it.
Some planners feel therefore that the "contemporary" should be immaterial, it should have its own lightness, leave creativity free. And often, creativity, to show it is not shackled, forces apart the elementary bonds of statics, functions, pleasures. Uninterested in common wellbeing, creativity produces forms with the clear intention of astonishing and to do this it uses all available materials. However, it especially uses materials of a new synthesis, those with unknown performance capabilities and forms, which, precisely because of this, already possess intrinsically a greater potentiality to astonish.
Today also the economic mechanisms which participate in this process are passed over. And thus we forget how often contemporary and innovative buildings are the outcome of real estate operations which are justified and motivated by the quality of the project. Or what is neglected is the interest of the client - almost always large companies - in those buildings which constitute a clear promotional comunication or we ignore the effects which such a construction has on the social fabric. Thus, we neglect the extent to which the summation of these forms fails to significantly improve the quality of urban life; it only leads to a form which is clearly adherent to the reference model. The running of the city and the needs of the inhabitants, conservation and renewal of the urban fabric and buildings has taken second place to the quality of the single buildings which are given the task of defining and composing the area.
The search, on the part of planners, for marvels, abstraction, the desire to "free themselves" of formal and material "constrictions" produces the most noticeable part of contemporary buildings.
The tower recently built by Norman Foster in London for Swiss Re is a clear example. The architect seems to concentrate on the creation of an architectural image to be placed in an urban context (envisaged as an image profile, skyline) as a recognisable object, which so clearly contributes to the spatial reorganisation of the city that it becomes its symbol, or at least a characterising feature (figure 1). *An interest in how it fits in with the surroundings and the inhabitants seems of secondary importance, so much so that this aspect has only been marginally important in the project.*
The result is an urban profile which refers so closely to a model that even the photographic framing calls to mind similar framing in other cities. The difference within the model, consists of the diversity of the single buildings (figure 2).
Glass is an instrument which defines the image of the building, freed of the "constrictions" of gravity, heaviness, "materiality". And in this it still represents that "new" which has been so obsessively sought after by economic and production models. It becomes the representation of an ideology based on the indifference of the mechanisms behind the models and on the interest in creating an image which adopts assumptions of a moral order, the representation of a society seemingly egalitarian and open.
Furthermore, glass works well in responding to those contrasting desires which all partake of daily life and of which contemporary satisfaction is requested, perhaps simply to stress the pleasure of going beyond the limits. The need to close oneself in, hide oneself, withdraw, coincides with that of opening, showing oneself, exposing oneself. On the one hand , the search for security – often overdone – and thus the desire to close oneself in, to select which relations to have with the outside world, with uncontrolled unplanned situations. On the other, mobility, the search for relations and the desire to see, opening oneself up to different worlds and situations, albeit planned and controlled. On the one hand, the search for privacy, the limitation of one's own territory, where one can hide from the gaze of others, and on the other, the pleasure of exhibiting one's own privacy; on the one hand, the need to withdraw from physical and natural phenomena and conditions considered unpleasant (temperature, noise etc.) on the other, the pleasure of exposing oneself to the natural conditions and phenomena considered pleasant (the rays of the sun, for example). Finally, the large glass surfaces which characterise office buildings call to mind operational modality. A homogeneity of modalities of use, vast surfaces in which activities are carried out, regulated by temporal ordering which makes the requirements to be met homologous by means of suitable control systems. In such a way we can hypothesise that internal environmental characteristics can be handled according to a relatively limited number of inputs, to be inserted into organisational software.
The use of glass develops in this type of building because it responds to a cultural model as concerns production, planning and construction processes and also adhesion to the required image.
Glass is transparent. *The requirement for maximum transparency on the part of the planners, the demand side, has transformed production processes, reduced the possibility of material recycling, necessitated greater care and greater energy committment. But the greatest transparency, the lack of even the smallest of imperfections, is the concretisation of abstractness, which is one of the basic characteristics of the planning image.*
***Transparency allows us to** have a double image of the building, i.e.,when it is lit up from outside (by day, by sunlight) and when it is illuminated from inside. The building increases its depth; the envelope and the facade take on a greater depth at night, thanks to the visibility of internal spaces, making work spaces visible from outside; thus companies display themselves as if in a theatrical scene* (figures 3-4).
Glass is light. *It allows us to reduce the load-bearing structure and the width of the partitions. Buildings empty themselves of their mass, they become impalpable, almost seemingly immaterial, not subjected to the laws of gravity* (figure 5).
Glass can be cleaned. *One of the most widespread criticisms of glass is that the dirt which accumulates can be more clearly seen, therefore, it has to be cleaned regularly. However, glass, at least,* can *be cleaned. In "western" urban situations – among the dirtiest and most dangerous in health terms, but among the most "hygienic" – this is a basic feature.*
Glass can be formed. *It is an industrial product which can be cut and moulded, responding to the project's electronic design. It can be aggregated into a large number of sizes and forms. It responds to the desire for complexity which is a feature of contemporary forms.*
Glass can be replaced. *It can be replaced in parts or as a whole, and with ease. Its fragility, in a model in which the building is temporary,*

does not constitute a limit. Easy dismantling and theoretical recycling are features which correspond to what the model requires.
Glass is a high performer. *The performance of glass in terms of security and acoustic and climatic insulation, has improved significantly and is sufficient for a building model which does not have energy or environmental objectives.*
All this resounds clearly in a society deeply centring on vision, where the image which modifies over time has taken on an unexpected centrality. Objects tend to be screens on which images are concretised. And glass guarantees the vision.
This is the close link between glass and a building model. It is certainly that which is usually to be found in specialised journals and in the common image people have. But in actual fact, the use of glass has a much greater and qualifying consistency and operational dimension than that promoted by and visible in the globalised model. All buildings use glass in different forms, dimensions and functions, and also in building which is particularly sensitive to environmental questions, the presence of glass is vital.
In ecological architecture, in the environmental building project, glass is a basic material although it is not called upon to be representative as it is in the "contemporary" model.
The reasoning behind the choice of materials inside the ecological building is not the fruit of a need to create an image, or represent ideas, clients, planners. The ecological building aims at the achievement of the wellbeing of residents through the renewal of the environment and the definition of pleasant objects responding to the needs of individuals and communities.
The ecological building makes its choices according to function. The relation between light and glass and thus the quantity of glass present, is determined by the need for light in the building and the quality and distribution of the same. The places where light penetrates are defined according to the places and amount of natural light used and those tools used to diffuse it.
In Joachin Eble's nursery school in Stuttgart, 1995, (figure 6) *the use of glass is aimed at the creation of specific spaces for the children, illuminated in different ways. The openings were planned with different sizes and forms and the image of the building is elaborated so as to create spaces and luminosity which match the activities and enjoyment of those who use them.*
In the same way, visibility, both from the inside outwards and vice versa, is decided on not because of the image or the sensation we wish to create, but mainly by the need to make the internal environment liveable in.
The ecological building makes its choices according to ***environmental significance****. Environmental needs take account of minor impact objectives in the whole life cycle of the material and the system it is part of, but also different possibile solutions. The fact that glass, for example, can be recycled does not in itself guarantee that there will be less of an impact than another material which recycles less well, but lasts longer. In environmental calculation, running and working costs have a fundamental importance and the choice is made in consideration of production, construction and organisational aspects, as a whole.*
The ecological building makes its choices according to ***social appropriateness****. The social and production reference model places greater stress on the quality of the work and the lives of the people. It seeks the autonomy of communities and does not practice separation of functions and specialisation of buildings but tends towards the organic distribution of activities concerning the overall project of dwelling.*
The ecological building makes its choices after perceiving the diversity of the ***places*** *and the* ***interactions*** *with them. The solution adopted by Carlo Baumsclager and Dietmar Eberle in the secondary school in Mader (Austria), is repeated in all four external walls of the building* (figure 7)*. The double envelope made up of the internal glass sheet and the external superimposed ones is applied without specific elaboration in the four facades. The homogeneity of the solution appears to ignore the variations of the conditions in which it operates. These, albeit on a minimal scale, have to be interpreted with the aim of optimising the design solutions which, otherwise, to obtain the same environmental energy results in different contexts, might prove oversized.*
The use of glass in the Casa nel Perche, Normandy (France), by the architect Sonia Cortese (figures 8-9) *testifies to how glass surfaces take on a different shape depending on the conditions they operate in. Most of the external glass walls are protected by horizontal wooden stave sunscreens. These fixtures can run along tracks, thus liberating the glass surface entirely or they can work like* brise soleil *since the staves are adjustable. The only glass surface which is not protected by this system is a horizontal strip high up on the wall under the roof. The roof is projecting so that in the summer it stops the sun striking the glass directly, while in the winter it creates a greenhouse effect.*
In this case, apart from its technical performance, the glass is part of a constructed system which envisages control over local conditions, and favours the adaptation of the object by the dweller according to variation in external conditions and his own needs.
The technical capacity of the material is a component of the project which is qualified by the system it is part of. In this way there is also a reduction in the material's performance requirements, favouring their use in systems predisposed for the optimisation of functions.
The ecological building tends to increase the ***environmental efficiency of the constructed context*** *it is part of by means of the addition of elements and the conservation-transformation of the existent. The environmental renewal of the Fiedensgade Kolding area carried out by Torben Gade between 1995 and 1996* (figure 10) *shows us how the environmental project integrates and functionalises the existent and how the glass in it carries out a fundamental role. Torben Gade increased the glass surface in brick buildings, added conservatories, skylights, widened the windows to increase energy efficiency and created a horticultural system based on the purification of waters obtained from the pyramid of glass.*
The theme of efficiency improvement was tackled in the Spowers Studio project in the restructuring of the commercial building in Melbourne in 2003 (figure 11)*. The project envisaged the addition of a floor to a 19th century building and the improvement of environmental energy performance. This elevation works like an engine which cools or heats by means of glass components and other materials and the modification of certain spaces. The result obtained is the reassembling of the entire building into a new highly performing organism.*
Links with local techniques *is of great interest. In the C.Hlade school in the Himalayas* (figure 12) *the part in glass is used to heat the entire building, thus increasing environmental performance and reducing fuel consumption.*
In this sense it favours the community, which is short of fuel and unable to sustain costs. The whole construction, on the other side of the glass, has been made with traditional techniques and local material (adobe) using simple methods and is inserted into the ground morphology so as to take advantage of the difference in land level, as a further protection from the cold.
The ***rapport with nature*** *is not visual but structured and organic. The vegetation in the buildings is not furniture, a symbol, a vision. It is functional, aiming at the improvement of the environmental*

efficiency of the building and the reclamation, renovation, renewal or conservation of the ecosystem the building is now part of.
The dwelling planned by John Pawson in Germany (figure 13) *is content with defining a perceptive relation of the sites and the act of dwelling there. A self-limiting action which shows an overall disinterest for the environment, considered only in terms of background to the project. "Glass transformed relations between humanity and the natural world. It modified the sense of reality, favouring sight rather than memory, it suggested new concepts of proof and demonstration, it altered the sense of self and the idea of identity" [Macfarlane A., Martin G. (2003)]."This does not mean that a greater interest in the environment is to be denied; it is a basis of planning choices.*
Energy self-production *is an important feature of the ecological building but it is also an integral part of the building itself. A different thing altogether is the use of glass made by Marco Visconti in the new Ferrari workshop in Maranello in 2002* (figure 14). *The greenhouse is a functional object, adjacent and joined to the building, producing warm air, its only scope. It is an element which makes no organic addition to the building and doesn't take its existence into account. It is a form which reflects sectorialised planning of buildings and compartmentalised planning of existence, a clear image which promotes production and innovation efficiency for the client. Nothing to do with ecological reasoning.*
What emerges from the considerations made is that glass, once the role it has been called upon to carry out within a specific model is set aside, has a fundamental role in ecological building.
Here, each material has a role determined by the understanding of the performances, levels and potentialities of use.
This is a guarantee in that it reflects a logic of interests in common, it impedes the acritical promotion of materials and goods and the spread of solutions based exclusively on the economic requirements of producers and users.
Judgement variables concern a much wider sphere, a context whose consideration, for example, makes the substitution of glass with lighter plastic materials less convincing; they are easier to mount and cheaper, but their features do not satisfy ecological criteria.
Glass is a part of multimaterial buildings which seek in each material specific answers and maximum efficacy with minimum energy and resource consumption. Buildings which are different in that the diversity enriches and strengthens the local system and defends it from subjection to the single model which tends to use a limited number of materials and solutions. Buildings which take local resources into account, because of the continuance of a widespread local technical capacity and the capacity of the community to single out and practice life models suitable to their needs and places, materials present in areas, specific technological systems, production and techniques linked to local environmental and social resources. Here, the image of glass can disconnect itself from research pressing for performance improvement which leads to a transformation of the characteristics of the material itself. It is able to find a place in that search for specific functioning within a multimaterial technological system which is pertinent to the planning of the ecological building.
Seeking in this an identity which is not exclusively connected with buildings for consumption, with the image, but is based on the consideration that individuals and communities achieve wellbeing when we take into account their culture, the roots of their existence – when they are not damaging; not imposing far-off solutions – be they the project for a new man (as with the modern movement) or the project for a new future (as with contemporary global architecture) – but putting forward projects for men and their future.

Aspetti ambientali ed energetici della produzione e dei prodotti in vetro piano

Ernesto Maria Giuffré

PRODUZIONE E TIPOLOGIE DI LASTRE IN VETRO PIANO

L'industria per la produzione del vetro piano in Italia conta 7 stabilimenti, suddivisi tra 4 aziende produttrici in grado di occupare circa 3.800 persone tra operai ed impiegati (dati 1 gennaio 2003) a fronte di una produzione stimata per l'anno 2003 di 1.050.000 tonnellate.

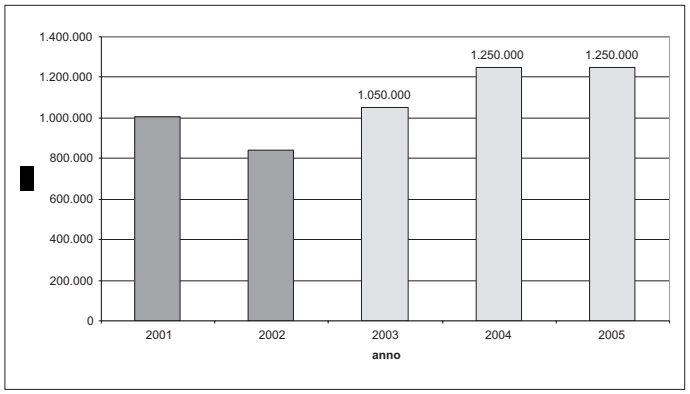


Figura 1: Produzione del vetro piano in Italia (i valori in grigio chiaro sono previsioni)
Fonte: Elaborazione su dati Assovetro, "Relazione alla assemblea generale delle aziende associate", 11 luglio 2003

All'interno dei diversi settori componenti l'industria del vetro, la produzione del vetro piano rappresenta il 17% del totale e comprende sia il vetro per auto che per l'edilizia.

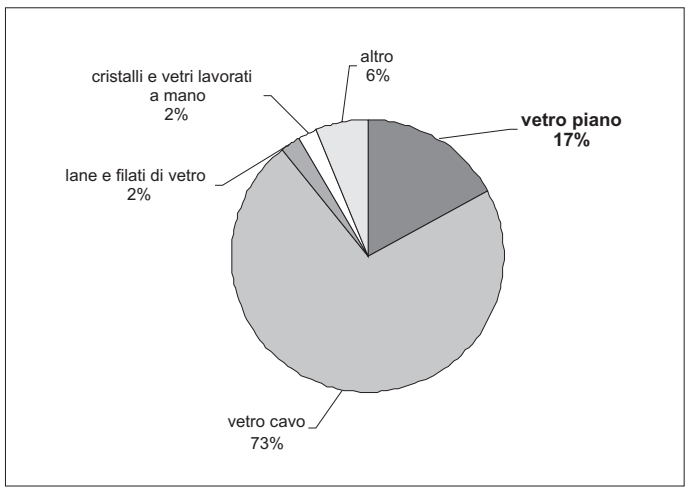


Figura 2: Ripartizione della produzione all'interno dell'industria italiana del vetro (dati 2002)
Fonte: Elaborazione su dati Assovetro, "Relazione alla assemblea generale delle aziende associate", 11 luglio 2003

Le lastre in vetro piano sono utilizzate in edilizia per la realizzazione di chiusure esterne verticali ed orizzontali, partizioni interne, elementi di rivestimento, frangisole, elementi fotovoltaici. Al variare dell'uso esse devono di conseguenza rispondere a differenti requisiti dando luogo così a diverse produzioni di vetri: di sicurezza, per isolamento termico e acustico, per il controllo del passaggio della luce, decorativi, ecc.

CARATTERISTICA	FINALITÀ
Isolamento acustico	Aumentare il comfort acustico interno limitando l'ingresso dei rumori provenienti dall'esterno.
Protezione solare	Proteggere dalla radiazione solare limitando il carico energetico solare.
Isolamento termico	Aumentare il risparmio energetico ed il comfort interno limitando le dispersioni termiche di calore verso l'esterno.
Resistenza al fuoco	In caso di incendio, impedire, per un tempo determinato, la diffusione di fiamme e fumi.
Sicurezza	Aumentare la sicurezza delle persone e dei beni in caso di urto e/o rottura della lastra in vetro.
Trasparenza	Consentire idonee condizioni di illuminazione all'interno dell'edificio e conservare le relazioni tra l'individuo e l'ambiente esterno.

Tabella 1: Caratteristiche funzionali del vetro in edilizia

INPUT E OUTPUT AMBIENTALI NELLA PRODUZIONE DEL VETRO PIANO

Valutare gli aspetti ambientali connessi alla produzione di un elemento in vetro piano vuol dire partire dall'analisi del prelievo delle risorse necessarie alla preparazione della miscela vetrificabile, fino ad arrivare ai processi e lavorazioni che portano alla sua trasformazione in lastra.
Più specificatamente, all'interno delle varie lavorazioni, si possono individuare gli input ed output ambientali connessi alle principali fasi operative, come schematizzato in *figura 3*.
Dalla lettura della figura si evince come gli output, configurati principalmente come polveri ed emissioni gassose, si concentrino nelle fasi di fusione e, in minima parte, del bagno di stagno e come sia possibile, su tutto il ciclo produttivo, il recupero del rottame di vetro quale materia prima per la formazione di nuove lastre.

IL PRELIEVO DELLE RISORSE

Le materie prime utilizzate in maggior quantità per la produzione di vetro *(tabella 2)* sono in parte presenti in natura (sabbie, feldspalti, dolomite, carbonato di calcio), in parte ottenute chimicamente a partire da mine-rali (carbonato di sodio, solfato di sodio).
Il prelievo delle risorse avviene attraverso siti estrattivi in cui il materiale viene cavato, depurato, stoccato e movimentato verso i mezzi di trasporto che lo porteranno a destinazione.
Importante è il controllo dell'operazione di estrazione: essa infatti comporta sia un impatto sull'ambiente dovuto alla interruzione di continuità, non solo percettiva ma strutturale dell'unità paesaggistica interessata, sia al suo funzionamento con la produzione di polveri e rumori che creano disagio alle persone residenti.
Una pianificazione attenta ed uno studio accurato a monte della scelta dell'area, possono contenere in maniera significativa gli aspetti negativi.
Contestualmente alla decisione di apertura di un nuovo sito di estrazione,

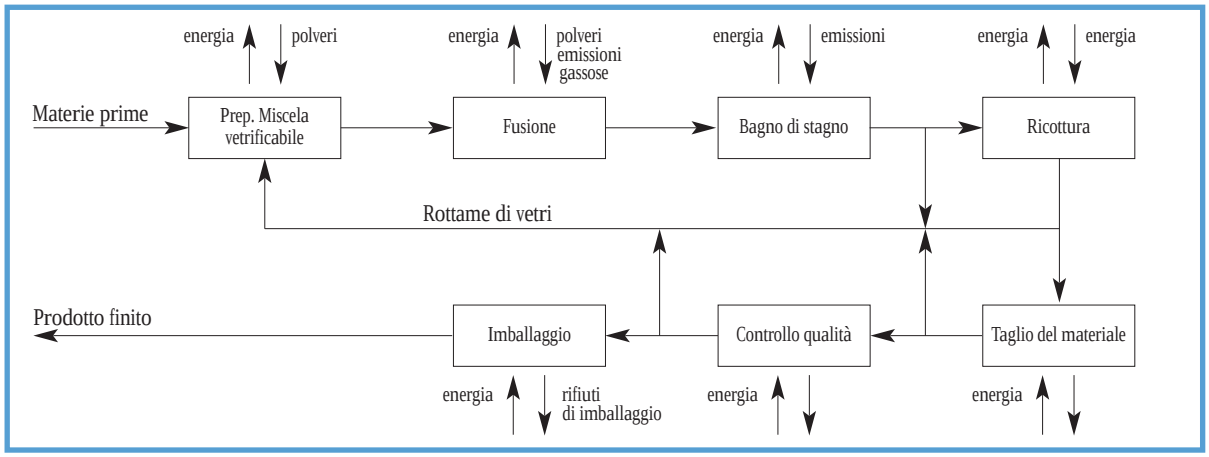


Figura 3: Input ed output ambientali delle principali fasi operative connesse alla produzione delle lastre in vetro piano

MATERIALE	FUNZIONE
Sabbie silicee	Vetrificanti
Carbonato di sodio	Fondenti
Silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, dolomite	Stabilizzanti
Solfato di sodio, solfato di calcio e, per particolari produzioni, nitrato di sodio, carbone, loppe di altoforno	Affinanti
Rottame di vetro proveniente da scarti di produzione	Ottimizzazione del processo

Tabella 2: Composizione del vetro. Materie prime impiegate nella produzione del vetro piano.
Fonte: Elaborazione su dati tratti da Scalet Bianca Maria, "Documento di riferimento per l'applicazione della Direttiva 96/61/EC/IPPC all'industria del vetro italiana", in "Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro", n.3, 1998, Murano, Venezia, p.127

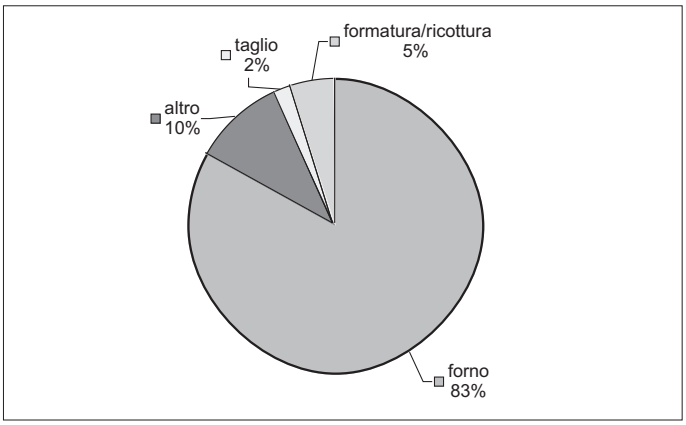


Figura 4: Distribuzione dell'energia nella produzione del vetro piano
Fonte: Commissione Europea, "Tecnologie ad elevata efficienza energetica nell'industria vetraria", settembre 1994

è necessario avviare tanto la redazione del progetto della cava di estrazione che quello di ripristino, così che, attraverso la loro integrazione, sia possibile arrivare ad un processo unitario in cui i due progetti si vengono a fondere in una serie di azioni tra loro coordinate.
In questo modo, è inoltre possibile mettere da subito appunto accorgimenti che limitino non solo l'impatto sulla natura dei luoghi, ma anche i disagi per le persone che vivono nelle vicinanze della cava.
Un altro fattore da considerare, al fine di limitare l'impatto dovuto al trasporto dei materiali in termini di consumo di risorse energetiche e di contenimento delle emissioni atmosferiche, è la vicinanza a mezzi di trasporto quali navi e treni, normalmente utilizzati per il trasporto di grandi quantitativi di sabbie, così da limitare al minimo i trasporti via strada.

USO E RECUPERO DELL'ENERGIA NELLE FASI DI PRODUZIONE

L'utilizzo dell'energia, all'interno del processo di produzione del vetro, non è un valore costante per ogni lavorazione *(figura 4)*.
Il maggior assorbimento, infatti, in quantità stimabili dal 70 all' 80%, si ha nella fase di fusione, nel corso della quale la miscela vetrificabile viene riscaldata all'interno di forni a bacino a ciclo continuo, alimentati prevalentemente a metano, fino ad una temperatura di circa 1.600°C.
Il restante 20/30% del consumo è prevalentemente costituito da energia elettrica, principalmente impiegata per l'alimentazione dei ventilatori, degli aspiratori, dei dispositivi di movimentazione e robotica, per l'illuminazione degli ambienti e per la produzione di aria compressa.
Diverso perciò è l'utilizzo, la quantità ed il tipo di energia usata nelle varie fasi di produzione *(tabella 3)*.
La maggior parte degli interventi effettuati all'interno del ciclo di produzione, finalizzati al risparmio ed al miglioramento dell'efficienza energetica, si concentrano quindi sulla fase di fusione, dato il maggior peso in termini di consumi energetici, ed in particolare sul forno, ottenendo vantaggi sia dal punto di vista ambientale (minor utilizzo delle risorse e minori emissioni di anidride carbonica) sia in termini economici per l'azienda (diminuzione dei costi di acquisto delle risorse energetiche).
La ricerca, indirizzata a questo scopo, ha portato perciò allo sviluppo di tecnologie volte a migliorare nello stesso tempo l'efficienza energetica ed ambientale. Tali tecnologie risultano, di conseguenza, realmente utilizzabili all'interno delle singole imprese.
Nella quasi totalità dei casi, per la produzione di vetro piano, sono utilizzati forni continui a rigenerazione, alimentati prevalentemente a metano.
Al fine di ottenere risultati significativi, gli interventi attuati riguardano contemporaneamente differenti aspetti, in relazione ai vari elementi che compongono il processo: vi sono interventi mirati alla ottimizzazione della combustione, al riutilizzo del calore dei fumi, alla diminuzione del consumo specifico di carburante, all'abbassamento della temperatura di fusione e all'accumulo di calore all'interno dei forni.
Oltre che all'interno dei forni, il calore recuperato è inoltre utilizzato per la produzione di vapore impiegato per il riscaldamento degli uffici e dei magazzini o anche per la produzione di energia elettrica e aria compressa. In quest'ultimo caso, l'energia dispersa dai compressori sotto forma di calore attraverso i sistemi di raffreddamento, viene a sua volta riutilizzata all'interno dei sistemi per il preriscaldamento dell'aria e dell'acqua.

FASE DI PRODUZIONE	DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI ESEGUITE	UTILIZZO DELL'ENERGIA
Ricevimento, scarico e stoccaggio delle materie prime	Approvvigionamento delle materie prime, attraverso diversi tipi di mezzi di trasporto. In particolare per la sabbia treni merci o, dove consentito, navi. Il materiale, una volta scaricato, viene stoccato all'interno dei silos.	All'interno del sito industriale, l'energia viene utilizzata principalmente per il funzionamento delle macchine per la movimentazione della materia prima.
Preparazione della miscela vetrificabile	Formazione della miscela vetrificabile attraverso la dosatura dei vari elementi componenti la materia prima, discendenti per gravità dai silos di stoccaggio. Al preparato viene aggiunta una quantità variabile di rottame di vetro proveniente dalla produzione stessa o da produzioni note.	L'utilizzo dell'energia è limitato alle operazioni di dosatura, pesatura, umidificatura e trasporto della miscela così preparata all'interno del forno di fusione.
Fusione della materia all'interno del forno	La miscela vetrificabile viene portata ad una temperatura di circa 1.600°C così da portare a fusione i vari materiali e omogeneizzata attraverso le ope-razioni di affinaggio per l'eliminazione delle bolle gassose. Segue una fase di raffreddamento finalizzato a far raggiungere al materiale una viscosità più alta compatibile con le esigenze del seguente processo di formazione.	È la fase che richiede la maggior quantità di energia all'interno dell'intero processo (circa l'80%). L'energia, sviluppata nella quasi totalità dei casi da gas metano, viene utilizzata per il riscaldamento del forno.
Bagno di stagno	Il vetro, ancora allo stato pastoso, viene versato su un bagno di stagno fuso a circa 1.000°C. Data la diversa densità, il materiale galleggiando forma un nastro il cui spessore naturale compreso tra i 4 e i 6mm, può essere variato tramite sistemi che ne consentono o ne riducono l'espansione.	In questa fase, l'energia viene principalmente utilizzata per mantenere lo stagno in condizione di fusione a temperatura costante.
Forno di ricottura	Il vetro, ormai divenuto rigido, passa attraverso parti del tunnel a temperatura via via decrescente da 620 a 250°C, fino ad un successivo lento raffreddamento all'aria per eliminarne le tensioni interne, possibili fonti di rottura.	Data la minore temperatura da raggiungere e la presenza di materiale già caldo, l'energia impiegata nel forno di ricottura (circa il 5% sull'intero processo) è di molto inferiore a quella utilizzata per la fusione.
Taglio del materiale	Il nastro di vetro, ormai raffreddato, viene tagliato automaticamente in lastre di 6.000x3.210mm o altre dimensioni standard.	L'energia viene impiegata essenzialmente per la movimentazione del materiale e le operazioni di taglio.
Controllo di qualità	Il prodotto viene sottoposto, attraverso vari sistemi di controllo, per la maggior parte elettronici, a veri-fica del raggiungimento dei livelli prestazionali predefiniti.	Utilizzo dell'energia per la movimentazione del materiale tra le varie fasi di controllo e per l'alimentazione dei dispositivi di verifica prestazionale.
Imballaggio e trasferimento al magazzino	Le lastre di vetro vengono imballate e stoccate all'interno dei magazzini.	L'energia viene utilizzata per le differenti fasi di trasporto e per l'imballaggio delle lastre.

Tabella 3: Rapporto fasi di produzione – utilizzo dell'energia

Elemento indispensabile per il corretto funzionamento di tutto l'apparato produttivo e per la riduzione delle perdite di energia è la presenza ed il continuo sviluppo di sistemi di controllo in grado di monitorare l'intero processo ed individuare tempestivamente i problemi.

EMISSIONI

La maggior parte delle emissioni nell'atmosfera, durante il processo di produzione del vetro piano, hanno origine all'interno del ciclo di fusione e sono dovute sia al funzionamento del forno ad alte temperature, sia a fenomeni di evaporazione dal bagno di vetro.
Esse sono costituite quasi esclusivamente da polveri, ossidi di azoto (NOx), ossidi di zolfo (SOx), anidride carbonica (CO_2) e da quantità variabili di cloruri gassosi (HCl) e fluoruri gassosi (HF), in funzione della qualità della materia prima impiegata e delle sostanze impiegate per conferire specifiche prestazioni ai vetri prodotti.
Gli interventi attuati per ridurre tali emissioni, sono costituiti principalmente dall'utilizzo di filtri elettrostatici, accoppiati con sistemi per il trattamento delle emissioni gassose, e dal passaggio graduale degli impianti all'alimentazione a metano.

OBIETTIVO	INTERVENTO	RISULTATO
Ottimizzazione della combustione	Viene, in genere, effettuata limitando il più possibile la presenza di aria parassita nel forno, selezionando e posizionando in modo appropriato i bruciatori.	Migliore trasmissione del calore, incremento e migliore distribuzione dei moti convettivi all'interno delle varie parti del forno, con conseguente miglioramento dell'efficienza energetica globale e diminuzione della produzione di NOx.
Riutilizzo del calore dei fumi	L'energia, contenuta sotto forma di calore all'interno dei fumi emessi dai forni, viene captata e riutilizzata per preriscaldare il comburente.	Nei forni di grandi dimensioni e funzionanti con elevate quantità di rottame, è possibile raggiungere risparmi di energia di circa il 20%.
Diminuzione del consumo specifico di combustibile	Uno dei sistemi più utilizzati consiste nell'immettere all'interno della camera di combustione una quantità di ossigeno variabile dal 3 al 35%.	A parità di materiale prodotto, con il 25% di ossigeno è possibile un risparmio del 10% di consumo di combustibile. Un'attenzione particolare deve essere posta al costo ambientale pagato per la produzione dell'ossigeno. A questo proposito, si stanno sperimentando sistemi in grado di produrre aria arricchita con il 35% di ossigeno che richiedono basse quantità di energia e modesti investimenti iniziali.
Abbassamento della temperatura di fusione	Si ottiene inserendo nella miscela vetrificabile quantità variabili dal 10 al 20% di rottami di vetro di riciclo di norma proveniente dallo stesso processo o da altri conosciuti.	Poiché il rottame richiede una minore energia di fusione rispetto alle materie prime, si ha di conseguenza una diminuzione dell'energia utilizzata. In generale ogni 10% di rottame aggiunto in più comporta una diminuzione del 2-3% del consumo di energia del forno.
Accumulo di calore all'interno del forno	Utilizzo delle camere di rigenerazione per il preriscaldo dell'aria di combustione, costituite da materiale refrattario, quali mattoni disposti in impilaggi di tipo alveare o aperti, o con elementi di forma speciale realizzati in materiale elettrofuso.	L'utilizzo di rigeneratori del tipo più evoluto all'interno dei forni, ha portato, rispetto agli impilaggi con mattoni refrattari tradizionali, ad un risparmio di combustibile di circa il 7%.

Tabella 4: Interventi mirati alla riduzione del consumo di energia dei forni di fusione

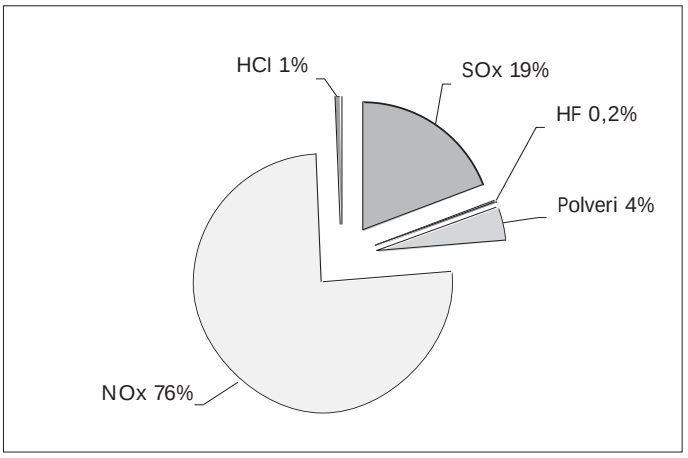


Figura 5: Vetro piano: composizione delle emissioni in atmosfera (1998)
Fonte: Scalet Bianca Maria, "Applicazione della Direttiva 96/61/EC/IPPC all'industria del vetro italiana", in "Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro", n.4, 2000, Murano, Venezia, p.219

Questo ha comportato una riduzione sensibile delle emissioni, pur a fronte di un incremento delle quantità di vetro prodotte.
In *Figura 6* sono riportati i dati relativi alle riduzioni percentuali di emissione per sostanza dal 1990 al 1998, periodo in cui la produzione di lastre di vetro piano sodio calcico è aumentata del 6,8% e gli impianti

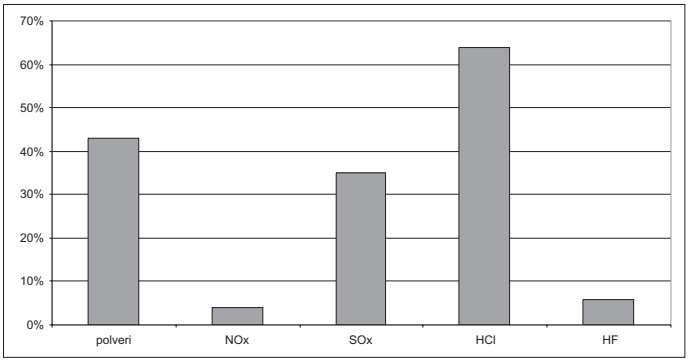


Figura 6: Variazione delle emissioni nel periodo 1990-1998
Fonte: Elaborazione su dati tratti da, Scalet Bianca Maria, "Applicazione della Direttiva 96/61/EC/IPPC all'industria del vetro italiana", in "Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro" n.4, 2000, Murano, Venezia, p.217

non erano ancora provvisti di sistemi di filtrazione delle polveri.
Coerentemente con questi interventi, vengono sviluppati sistemi per diminuire l'elevata quantità di polvere prodotta dai filtri, non sempre riutilizzabile nel processo di fusione, e per limitare il consumo di energia elettrica dovuta al loro funzionamento che altrimenti, se non controllato, sposterebbe parte dell'inquinamento dal processo di produzione del vetro a quello dell'energia.
Nello stesso tempo gli interventi mirati a migliorare l'efficienza del for-

PER UNA DEFINIZIONE DELLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DI PROCESSO E DI PRODOTTO DEGLI ELEMENTI IN VETRO

Consuelo Nava

Per la definizione delle compatibilità di processo e di prodotto si possono applicare le seguenti considerazioni.

Uso delle risorse
L'energia da impiegarsi nel processo produttivo degli elementi in vetro, va intesa, nel suo processo finale di produzione dei componenti, come aliquota da aggiungersi a quella spesa per la produzione di altri componenti, quali elementi in ferro, in alluminio per esempio, la cui energia per la lavorazione prima può essere abbondantemente recuperata. Come per altri componenti, anche per il vetro, ogni qualvolta si valuta l'uso appropriato delle risorse occorre considerare anche quei processi riferiti a produzioni di altri materiali, che partecipano alla realizzazione dell'elemento, verificandone la disponibilità e la stabilità rispetto al tasso di esauribilità complessivo (alla scala di progetto del componente e non solo del materiale).

Contenimento degli sfridi e recupero degli scarti
È possibile attuare il contenimento degli sfridi con una corretta progettazione tecnologica dei componenti, ponendo attenzione alla coordinazione dimensionale degli elementi e prendendo in considerazione che, essendo gli elementi stessi spesso dei semilavorati impiegati a secco, se non vengono prodotti con una grande versatilità, possono produrre in cantiere parecchi sfridi da ritaglio.
Per i componenti in vetro è possibile, grazie alle proprietà strutturali del materiale, progettare tenendo conto delle caratteristiche di resistenza delle lastre, delle giunzioni e dell'integrazione nei sistemi costruttivi di supporto. Pertanto, in questo caso, si può parlare di una più facile gestione e controllo sugli sfridi e sugli scarti, in fase di progettazione del componente.
Il riutilizzo dei materiali, pratica non molto diffusa, deve tenere conto dei costi ambientali ed economici della dismissione degli edifici e di quelli aggiuntivi per la rimessa in funzionamento secondo il nuovo contesto costruttivo. Per il vetro ciò può avvenire con più facilità su alcuni componenti edilizi di sistema che prevedono la presenza di altri materiali assemblati (come per gli infissi semplici, con la distinzione possibile tra parti vetrate, telai ed elementi di giunzione) e che per loro costituzione e funzionamento sono facilmente reimpiegabili anche in economia di messa in opera.

Risparmio di energia
Occorre valutare il costo totale energetico delle diverse soluzioni costruttive, dalla produzione, alla gestione, allo smaltimento. Negli ultimi anni si sono adottate politiche di gestione che hanno favorito un risparmio di energia su nuovi cicli produttivi, attraverso il riciclo. Per valutare il risparmio di energia a livello complessivo, occorre considerare, il processo di utilizzo dei componenti in vetro con riferimento all'applicazione, per dimensione ed ambito. In alcuni comparti, come quello edilizio, dove certamente il vetro è maggiormente diffuso, occorre considerare le capacità del vetro di risparmiare energia, con riferimento al funzionamento in esercizio dell'edificio.

Consumo energetico alla produzione
La produzione può avere ancora ambiti di aumento dell'efficienza energetica perseguendo il cammino dell'aumento dell'efficienza.

Consumo energetico per la distribuzione
Il consumo energetico per il trasporto di materie prime, semilavorati e prodotti finiti è pari al 10% di quello necessario per la produzione di un edificio. Con riferimento agli elementi in vetro, questo indicatore è potenzialmente in grado di raggiungere livelli ancora più ridotti, aumentando la quantità di produzione locale. Certamente questo è possibile per quei componenti che vengono impiegati nell'edilizia più diffusa, con infissi, vetrature su parete, per lucernai. Ma nell'uso attuale delle pareti trasparenti per facciate continue, gli elementi di facciata raggiungono grandi dimensioni ed inoltre vengono sottoposti a trattamenti speciali che ne migliorano le qualità prestazionali; pertanto capita spesso che le produzioni avvengano in luoghi abbastanza lontani dal sito di montaggio e costruzione. Per cui occorre considerare la distanza dal luogo produttivo ed il trasporto, ma anche l'energia impiegata per stoccaggio, imballaggi speciali, manovre sui luoghi del cantiere, etc.

Consumo energetico sul luogo di costruzione
È pari al 10-15% e dipende essenzialmente dalle modalità con cui il cantiere è stato impiantato e dall'uso che occorre fare di strumentazioni e macchinari per la costruzione.
L'attuale tecnologia dei vetri (prefabbricazione leggera) con l'impiego di elementi semi prefabbricati richiede maggiori quantità di energia rispetto alle tecniche tradizionali, ma minore rispetto alla prefabbricazione pesante. Anche questo aspetto energetico dipende dalle capacità con sui si è controllato il componente ed il sistema in fase di progettazione.

Consumo energetico durante la vita dell'edificio
Ci si riferisce all'energia di funzionamento delle reti e delle utenze ed alla correzione microclimatica.
Il bilancio energetico complessivo della sua capacità di produrre è tanto migliore quanto l'integrazione dei sistemi è stata tale da considerare la capacità dell'edificio di esprimersi nel suo funzionamento con un basso consumo, controllandone la qualità tecnologica ed ambientale alla scala di "organismo". Infatti, mentre in passato le tendenze di ricerca nella produzione dei materiali si occupavano dei processi di trasformazione delle materie pri-

me per ottenere materiali in grado di fornire determinate prestazioni, oggi si cerca di combinare l'efficienza delle caratteristiche delle materie prime e dei prodotti intermedi con l'efficacia di scelte indirizzate al progetto del materiale *(ecodesign)* idoneo alla costruzione progettata.

Consumo energetico alla fine della vita dell'edificio

Per gli elementi in vetro, con lo scopo di riutilizzare o riciclare il materiale/componente, questo fattore dipende fortemente dalla qualità del reimpiego.
Occorre considerarne le capacità come materiale fortemente integrato e largamente a rischio nella demolizione. Sia che se ne faccia un uso nel riciclo o come materia prima seconda, la sua smontabilità e recuperabilità deve divenire requisito di progetto; ma considerandone sempre la sua caratteristica di fragilità, l'energia impiegata per lo smontaggio ed il recupero richiede certamente delle mo-

PROPOSTA DI UN DIAGRAMMA SINTETICO PER LA VALUTAZIONE

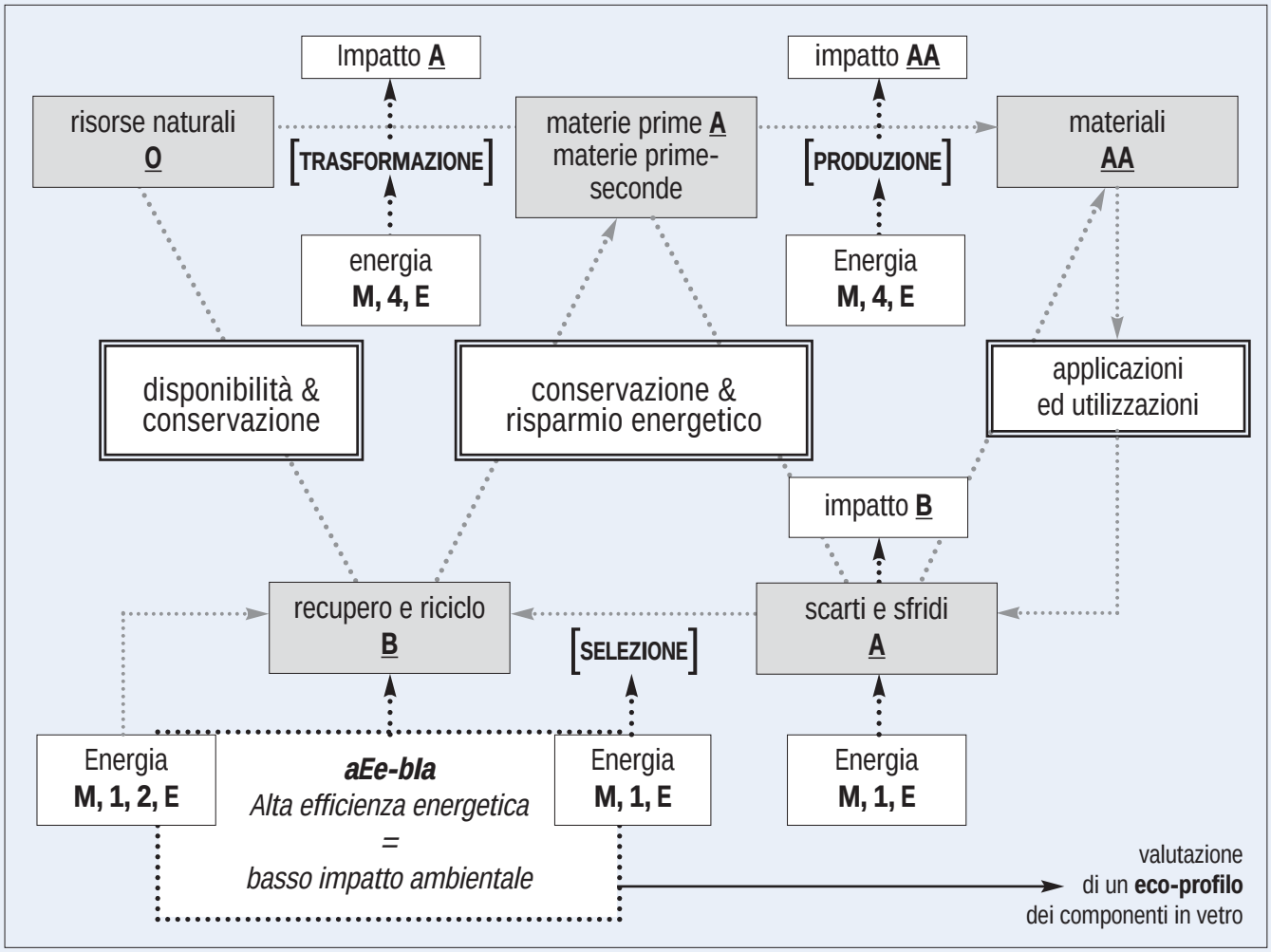


Figura 1: Diagramma di valutazione delle compatibilità energetico-ambientale del processo/prodotto del vetro

Legenda

Valutazione parametrica del rapporto disponibilità-capacità d'impiego/ incidenza del processo/prodotto	Qualità dell'energia impiegata
AA= incidenza molto alta	**M**= energia meccanica
A= incidenza alta	**E** = energia elettrica
0= incidenza neutra	**4** = processi ad alta temperatura 600°C
B= incidenza bassa	**3** = processi a media temperatura 200 –600°C
BB= incidenza molto bassa	**2** = processi a bassa temperatura 100 –200°C
	1 = alta temperatura (acqua calda) 100°C

dalità non invasive, ma piuttosto selettive e controllate nelle tecniche.
In particolare sul risparmio energetico la produzione svolge un ruolo fondamentale, con la progettazione di sistemi, componenti e prodotti sempre più innovativi.

Riduzione dell'inquinamento atmosferico

Il vetro, per l'energia impiegata in fase di produzione, partecipa alle emissioni di CO_2. Il controllo dei fumi, degli scarichi per uso di sostanze additivate aggiunte, per i trattamenti speciali, etc. può diminuire in percentuale l'effetto sull'atmosfera. L'apporto negativo recupera invece secondo indici positivi, quando il vetro contribuisce, alla scala di edificio, a controllare passivamente il fattore di fabbisogno termico ed ancora, alla scala di componente, sostituisce materiali isolanti con CFC, impiegando vetro cellulare o addirittura, si serve dell'aria come isolante primario e vano di conduzione in sistemi di pareti più complesse.
In *figura 1* si propone una lettura sintetica che valuta la compatibilità energetico-ambientale del vetro come materiale strategico (per caratteristiche di processo e potenzialità d'impiego del prodotto), prendendo in considerazione un processo che mette in rapporto le risorse naturali, le materie prime e i materiali secondo un'ottica di disponibilità e conservazione, di risparmio energetico e quindi di recupero e riciclo, nel reimpiego in materie prime-seconde. La valutazione avviene valutando con parametri il rapporto disponibilità-capacità d'impiego, sull'incidenza del processo e del prodotto e indicando la qualità dell'energia impiegata.

Fonti bibliografiche

- Paolella A., Cangelli E., 2001, *Il progetto ambientale degli edifici*, Alinea ed., Firenze
- Paolella A., 2003, *Deindustrializzare il progetto/processo,* in "La produzione industriale e artigianale nel progetto ecologico degli edifici", Atti in corso per la ricerca sulle tesi di laurea, Facoltà di Architettura di Reggio Calabria
- Quadrio Curzio A.,1992, *Risorse naturali*, Enciclopedia dell'Economia, Garzanti, Milano
- Seassaro A.,1984, *Evoluzione dei materiali ed evoluzione dei fattori di produzione*, in Seassaro A., Macchia C. (a cura di), "Produzione edilizia e tecnologia dei materiali", Clup ed., Milano
- Sinopoli N., 1988, *Il controllo della qualità ambientale,* in AA.VV., "Qualità norma e progetto", Arsenale ed., Venezia
- Spadolini P.L., 1974, (a cura di), *Design e Tecnologia,* Parma ed., Bologna
- Wienke U. 1999, *Dizionario dell'edilizia Bioecologica*, Dei ed., Roma

no di fusione si traducono in una riduzione dei consumi energetici con conseguente diminuzione delle emissioni di anidride carbonica derivanti direttamente dal processo di combustione o, indirettamente, dal ciclo di produzione di energia elettrica.
La variazione del combustibile utilizzato, da olio combustibile a metano, porta inoltre ad una riduzione delle emissioni di CO_2 di circa il 20%.

USO E REIMPIEGO DEI MATERIALI DI SCARTO

Affinché il processo di fusione avvenga correttamente e si possano ottenere prodotti di qualità, è necessario che nella miscela vetrificabile sia presente una percentuale di rottame di vetro.
Un impianto per la produzione di vetro piano ha, perciò, bisogno di reinserire, all'interno del ciclo produttivo, gli sfridi provenienti da lavorazioni proprie o esterne, con caratteristiche chimico fisiche dei materiali, note.
Infatti, poiché è necessario conoscere precisamente la composizione del rottame di vetro, al fine di determinare la qualità del prodotto finito, è possibile attualmente utilizzare solamente materiale di riciclo proveniente dalla stessa o da altre industrie vetrarie ben identificate.
Particolare attenzione deve essere operata, quindi, nelle fasi di trasporto e movimentazione del materiale di riciclo, che deve avvenire con mezzi dedicati, affinchè non venga a contatto con elementi che ne possano contaminare la qualità, dando in seguito luogo a problemi in fase di fusione.
Il rottame di vetro risultante dalla produzione, dunque con caratteristiche note, è perciò per l'impresa, un vero e proprio prodotto da vendere, acquistare o riutilizzare all'interno.
Proprio per questa ragione una percentuale del cavato, normalmente la parte in cui avviene il tiraggio della lastra all'interno dei forni che di conseguenza è soggetta a deformazioni, è destinata ad essere rottamata per essere poi aggiunta alla miscela vetrificabile.
Il riutilizzo del rottame di vetro all'interno del processo si traduce sia in un risparmio di materia prima, sia in un risparmio energetico. Una tonnellata di rottami di vetro introdotto nel forno sostituisce circa 1,2 tonnellate di materie prime.
Inoltre, per ogni 10% in più di rottame caricato nel forno, si ha un risparmio di energia pari a circa il 2-3%, poiché nel vetro di riciclo tutte le reazioni chimiche endotermiche collegate alla fusione sono già avvenute, con vantaggi anche dal punto di vista delle emissioni in atmosfera.
Altri materiali di scarto prodotti sono: materiale da imballaggio, carta, cartone e materiale plastico, che vengono avviati ai rispettivi centri di raccolta differenziata (per questo tipo di scarti la tendenza è orientata alla riduzione del quantitativo di rifiuti prodotti); sfridi di materiale refrattario, dovuto a operazioni di manutenzione e riparazione dei forni, che viene recuperato dallo stesso fornitore per essere successivamente riutilizzato per produrne di nuovo.

RACCOLTA, RICICLAGGIO E RIUSO DEGLI ELEMENTI IN VETRO

Mentre il vetro raccolto dagli sfridi della produzione viene reimmesso all'interno dello stesso ciclo produttivo come componente della miscela vetrificabile, quello proveniente dalle operazioni di demolizione selettiva di edifici o da scarti di lavorazione effettuati in vetreria viene avviato ai centri di raccolta specializzati, data la non verificabile omogeneità della composizione. Qui, previa selezione per tipologia e per colore, viene destinato a formare rottame di vetro riutilizzabile quale materia prima nel processo di produzione di oggetti in vetro cavo, quali bottiglie, contenitori e materiali isolanti come la lana di vetro.
La differenziazione dei rottami per colore è importante in quanto, ad esempio, per la produzione di vetro bianco sono accettabili solo minime quantità di rottame colorato, in quanto questo non può essere decolorato. Inoltre, prima di avviare il materiale a riciclo, è fondamentale eliminare tutte quelle impurezze, quali ad esempio i residui metallici, che potrebbero influenzare la qualità dei prodotti finiti dando luogo ad elementi da scartare nonché danneggiare il forno in cui avviene la fusione.
Anche nella produzione del vetro cavo, l'utilizzo di quantità di vetro riciclato nella preparazione della miscela vetrificabile si traduce in un doppio risparmio in termini di prelievo di risorse dall'ambiente e di consumo di energia durante il processo di fusione, data la minore temperatura raggiunta dal forno, con conseguente diminuzione delle emissioni in atmosfera.

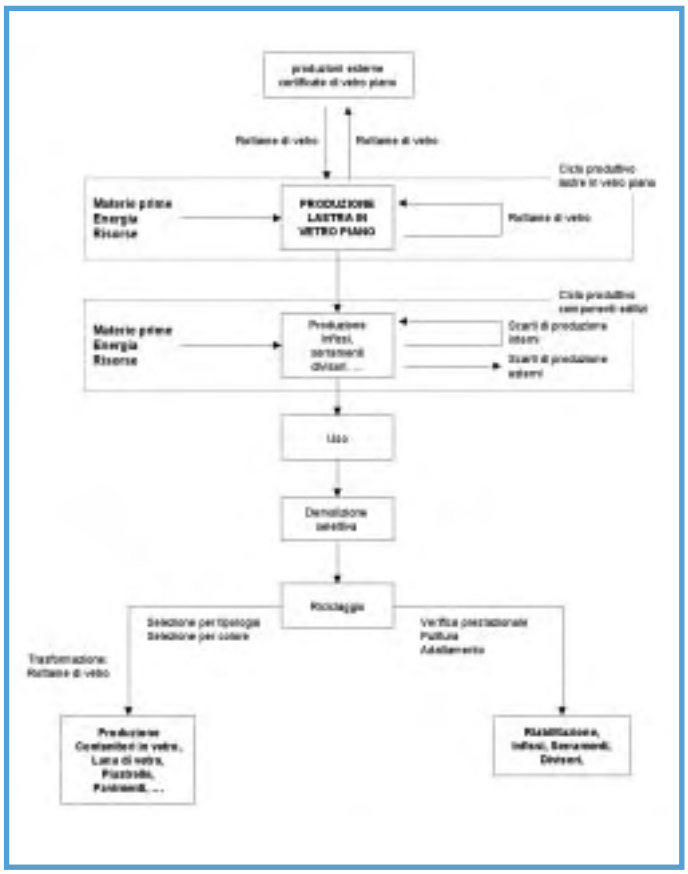


Figura 7: Il riciclaggio degli elementi in vetro piano

RIGENERAZIONE DEI SITI INDUSTRIALI

Il sito industriale, dati gli alti investimenti iniziali e la posizione strategica occupata per la vicinanza ai mezzi di trasporto per l'approvvigionamento delle materie prime e per l'avvio alla distribuzione del materiale prodotto, rappresenta una risorsa difficilmente abbandonabile o cedibile. Le operazioni compiute tendono perciò al continuo miglioramento ed ottimizzazione del suo funzionamento.
Al fine di avere sempre la massima efficienza produttiva ed ambientale, tutti i macchinari e le attrezzature utilizzate nella produzione di vetro piano sono sottoposti a manutenzione programmata ed aggiornamenti continui. In particolar modo è importante mantenere alta l'efficienza termica del forno. A questo scopo è fondamentale l'utilizzo di materiali refrattari di ottima qualità ed elevata resistenza in grado di mantenere costante per diversi anni la sua resa.
Il periodo di utilizzo di un forno è perciò inscindibilmente legato alla durata di questi materiali, esauriti i quali, è necessario procedere al suo smontaggio e ricostruzione. Attualmente il ciclo di vita di un forno è stimabile in circa dodici, tredici anni.

PRINCIPALI PROBLEMATICHE D'IMPATTO	PRINCIPALI AZIONI DI MITIGAZIONE RISCONTRATE NEL SETTORE
Uso delle risorse	Ottimizzazione del funzionamento degli impianti al fine di aumentare la produzione di materiale finito a parità di mi-scela vetrificabile immessa. Reimmissione nel ciclo produttivo, quale materia prima, di rottame di vetro proveniente dalle varie lavorazioni.
Uso dell'energia	Ottimizzazione della combustione all'interno del forno di fusione (immissione di ossigeno, modifica del disegno della geometria interna del forno). Riutilizzo del calore dei fumi per il preriscaldamento della materia vetrificabile. Utilizzo all'interno del forno di fusione di materiale refrattario ad alta capacità di accumulo di calore. Abbassamento della temperatura di fusione della materia prima attraverso l'inserimento di rottame di vetro.
Recupero del materiale	Recupero del rottame di vetro generato durante la produzione quale elemento fondamentale per la qualità del prodotto finito da reinserire come componente della miscela vetrificabile. Utilizzo del vetro proveniente dalla demolizione selettiva degli edifici e da lavorazioni successive, ad esempio per la costruzione di infissi, la produzione di vetro cavo (bottiglie, contenitori) lana di vetro ecc.

Tabella 5: Sintesi delle principali problematiche d'impatto e delle principali azioni di mitigazione riscontrate nel settore

Fonti bibliografiche

- AA.VV., *Atlante del vetro*, Utet, Torino, 1999
- AA. VV., *Manuale di progettazione edilizia. Vol.5 materiali e prodotti*, Hoepli, Milano, 1995
- AA.VV., *Costruire sostenibile*, Alinea, Firenze, 2000
- Commissione Europea, Direzione Generale per l'Energia – DG XVII, *Thermie, Tecnologie ad elevata efficienza energetica nell'industria vetraria*, settembre 1994
- Manzini Ezio, *Lo sviluppo di prodotti sostenibili*, Maggioli, Rimini, 1998
- Rigamonti Ennio, *Il riciclo dei materiali in edilizia*, Maggioli Editore, Rimini, 1996
- Scalet Bianca Maria, *Applicazione della Direttiva 96/61/EC/IPPC all'industria del vetro italiana*, in, *Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro*, n.4 – 2000, Murano, Venezia
- Scalet Bianca Maria, *Documento di riferimento per l'applicazione della Direttiva 96/61/EC/IPPC all'industria del vetro italiana*, in, *Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro*, n.3 – 1998, Murano, Venezia

Innovazione dei prodotti in vetro piano

Consuelo Nava

PREMESSA

Quale innovazione

Definire livelli di compatibilità partendo dai caratteri propri del processo produttivo e del processo d'impiego di materiali e componenti per l'edilizia appare oggi una via importante alla luce del cambiamento economico e culturale del comparto edilizio ed industriale.
I livelli di innovazione della produzione edilizia e le capacità tecnologiche di gestire i processi di trasformazione hanno di fatto mutato lo scenario di riferimento, affidando all'integrazione tra progetto dell'edificio e progetto del materiale e del componente, il governo del processo costruttivo, la qualità delle opere, delle strategie di gestione e dell'efficienza prestazionale.
Pertanto, mentre da un lato si è assistito ad una richiesta di super specializzazione del settore e della produzione industriale dei componenti, dall'altro si è spinto verso una maggiore diffusione delle pratiche e delle tecnologie innovative, perché le stesse diventassero patrimonio comune degli operatori del settore e comunque migliorassero la qualità globale dell'edificato, attraverso la sperimentazione e l'attuazione delle tecniche più evolute.
Quindi le aziende stanno indirizzando la propria produzione essenzialmente su due versanti, *l'innovazione di processo*, attraverso l'uso e la diffusione di pratiche più sostenibili per l'ambiente e *l'innovazione di prodotto*, volta a ricercare soluzioni più idonee ed appropriate al contesto costruttivo (tecnologie integrate) ed al contesto sociale della domanda, abbandonando la prima linea industriale che proponeva soluzioni precostituite a differente scala.

Processo produttivo e prodotto

La differenza tra le pratiche convenzionali produttive del passato e quelle contemporanee è da ritrovarsi proprio nel differente contesto sociale ed ambientale di riferimento. In passato vi era una grande disponibilità di materie prime, ma i processi risultavano complessi nelle loro fasi di lavorazione, trasformazione e produzione dei prodotti, data una tecnologia dalle basse potenzialità tecniche e dalla scarsa ricerca progettuale; comunque, queste modalità risultavano capaci di gestire ancora in maniera abbastanza controllata gli impatti sull'ambiente e sugli ambiti di localizzazione della produzione, risultavano la garanzia di una naturale sicurezza ambientale.
Oggi, siamo in presenza di una disponibilità limitata delle risorse, ma i processi sono facilitati, nella loro gestione e per la loro efficacia, legata anche ad una frammentazione delle filiere produttive ed una capacità di delocalizzare le fasi dei processi, il progetto e la fornitura delle parti e dei prodotti stessi; il controllo degli impatti sull'ambiente è affidato a più operatori, coinvolge differenti momenti del processo e si attua in differenti localizzazioni della produzione, ciò pertanto è controllabile soltanto assumendo a monte strategie e politiche di gestione ambientale.
In una unica affermazione potremmo dire che caratteristica dei processi industriali contemporanei é "aprire il loro processo in fase di progettazione del prodotto e chiudere la produzione in fase di impiego del componente"; per cui progettazione, produzione ed impiego rimangono "sistemi aperti" fino al momento in cui avviene la realizzazione, o meglio in un'ottica di sostenibilità dei processi, essi mantengono la loro flessibilità progettuale durante la gestione dell'edificio e fino alla sua dismissione, fase in cui i prodotti possono tornare ad essere materiali ed i rifiuti da demolizione gestiti come scarti in nuovi cicli produttivi, o reimpiegati come materie-seconde in nuovi comparti.

EVOLUZIONE DEL MATERIALE, EVOLUZIONE DEL CONTESTO COSTRUTTIVO

Le risposte della tecnologia "vetro"

In un'ottica di identificazione tra strategia progettuale e cultura industriale, il materiale e la risorsa partecipano pesantemente al processo, determinando gli aspetti qualitativi e quantitativi della produzione e della sua attenzione per l'ambiente.
Si è comunque compreso come sono da considerarsi non solo le caratteristiche proprie del materiale, ma una progettazione che definisca: *la composizione di base, il processo produttivo di trasformazione e gli eventuali trattamenti complementari*, alla luce di una produzione sempre più diversificata di materiali e componenti integrati.
Alla microindustrializzazione degli anni '80-'90 si è sovrapposta una costante micro-innovazione dei prodotti per gli interventi di edilizia diffusa. Si sono sviluppati prodotti che propongono, nella riconoscibilità morfologica della loro forma, livelli prestazionali più efficienti.
Prodotti che sono il risultato dell'ibridazione di più processi produttivi e più materiali, che risultano pertanto *compositi*, la cui efficienza prestazionale è integrata. Essi sono strutturati attraverso una stratificazione funzionale, che rende specializzato ogni contributo al componente, combinando in maniera ottimale materiali, parti, tecnologie e tecniche di posa in opera. Pertanto anche quei sistemi che l'azienda fornisce come apparentemente "chiusi", possono riaprirsi nei caratteri della loro progettazione e risposta prestazionale quando vengono messi in opera con altri componenti in sistemi la cui ibridazione rende più efficace l'integrabilità e la versatilità di tutti gli elementi, fornendo un sistema industrializzato aperto a catalogo (si legga quanto esposto da M. Losasso sulle strategie delle aziende produttrici, per meglio comprendere "le logiche progettuali ed i cambiamenti in atto del settore delle costruzioni, alla luce delle più avanzate strategie di innovazione nella gestione del processo edilizio").
Risiede proprio in questa ultima possibilità il carattere della sostenibilità dei prodotti e componenti a secco, la cui specializzazione e versatilità garantisce livelli di gestione a basso impatto dei processi industrializzati, semi-artigianali, in grado di controllare l'impatto sociale ed ambientale a monte dei processi e favorire una progettazione aperta ed appropriata dei componenti, come risposta a richieste specifiche e più diffuse applicabili nel comparto edilizio.
Proprio in quest'ottica s'inserisce la capacità del vetro di gestire soluzioni alla scala di componente e di sistema in edilizia.
A scopo esemplificativo, per comprendere "la risposta della tecnologia vetro" al mutato scenario progettuale si faccia riferimento all'evoluzione del materiale/prodotto, all'interno *dell'innovazione tecnologica dei serramenti*.
In prima battuta l'innovazione in questo settore, ha comportato una spinta ad alcuni comparti produttivi riferiti al legno, all'alluminio ed al PVC, poiché si richiedevano capacità prestazionali integrate alla parte del telaio di supporto dei serramenti, migliorando le qualità morfologi-

TRATTAMENTI SUPERFICIALI DEI VETRI: DEPOSITI E RIVESTIMENTI

Rita Minucci

DEPOSITI

La superficie dei vetri può essere rivestita con depositi (coating) di metalli, metalli nobili o ossidi. A seconda del tipo di deposito il materiale assumerà proprietà differenti.
I procedimenti possono avvenire già in fase di produzione del vetro. Ad esempio, per modificare la resistenza superficiale e chimica, nonchè le caratteristiche prestazionali (energetiche, luminose ed estetiche) delle lastre float, durante la produzione, si possono applicare sulla faccia superiore della lastra, ancora allo stato pastoso, ossidi metallici (rivestimento a caldo - pirolisi) oppure si può applicare un rivestimento a freddo su una superficie. Infatti, le tecnologie di produzione che consentono di depositare questi rivestimenti, per quanto attiene i manufatti destinati all'edilizia, si avvalgono principalmente di due sistemi: quello pirolitico e quello magnetronico.
L'apposizione del deposito è funzionale alla possibilità di realizzare grandi vetrate trasparenti mantenendo i benefici di un efficace scudo protettivo termico, obiettivo non semplice da raggiungere.

VETRATE BASSO EMISSIVE

La riduzione dei disperdimenti termici nelle finestre è tanto più efficace quanto più è elevata la capacità isolante dei vetri ossia quanto più è ridotto il flusso energetico che li attraversa.
I depositi agiscono sulla frazione radiativa del flusso termico, modificando le caratteristiche spettrofotometriche dei vetri.
Attraverso un processo molto sofisticato si ottiene sulla superficie delle lastre un deposito di ossidi e metalli particolarmente selettivi in grado di riflettere la radiazione puramente termica.
I vetri così composti, detti a bassa emissività, rifletteranno il calore interno verso l'ambiente, riducendo significativamente il passaggio dello stesso calore verso l'esterno.
I depositi di questo tipo interferiscono, seppure in misura minima, sulla radiazione solare.

Problemi: sollecitazioni per contrasto termico

L'eventuale differenza di temperatura su uno stesso vetro da luogo a sollecitazioni di natura termica che potrebbero essere causa di rottura della lastra qualora questo scarto superasse il valore critico.
Il riscaldamento parziale del vetro è in genere determinato dal soleggiamento o dalla vicinanza a fonti di calore, come elementi di riscaldamento o spot luminosi.
Tale riscaldamento viene condizionato da alcuni fattori, fra cui:

- le condizioni climatiche del luogo (flusso solare, scarto termico giornaliero, vento, orientamento, stagione, altitudine, ecc.);
- la natura dei serramenti (inerzia termica, ecc.);
- la natura dei prodotti vetrari (assorbimento energetico, proprietà energetiche, valore U, ecc.);

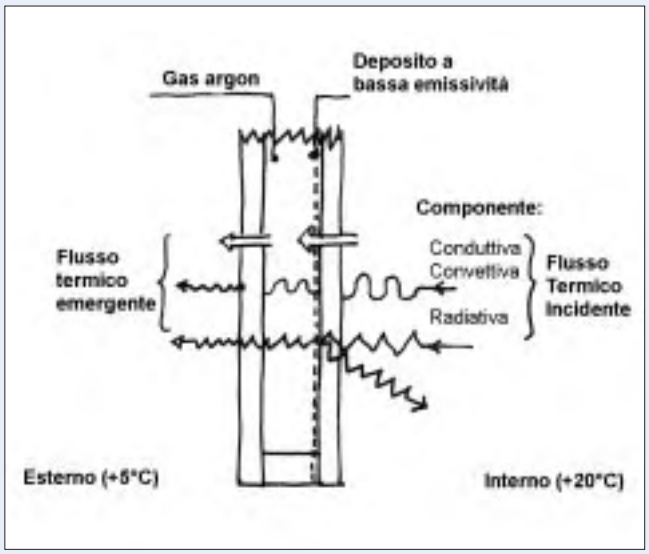


Figura 1: *Posizionamento corretto del coating in una finestra con vetrata isolante bassoemissiva.* ***Fonte:*** *www.astro.df.unipi.it*
Nelle vetrate doppie, la presenza dell'intercapedine migliora la capacità isolante, agendo anche sulla componente di trasmissione per convezione. Sostituendo l'aria disidratata contenuta nell'intercapedine delle vetrate comuni con gas dalle caratteristiche di conducibilità termica molto ridotta (Argon, Kripton, Xenon) si può aumentare l'isolamento termico delle vetrate.
Volendo ridurre ulteriormente le dispersioni che attraversano le finestre è necessario intervenire sui ponti termici.

- la natura e la modalità di posa in opera della facciata (incastro tradizionale, VEC, facciata verticale o inclinata, ecc.);
- la natura delle pareti vicine alla vetrata (sottofinestra opaco, schermi solari, altri tendaggi, finestra scorrevo le sovrapposta, ecc.);
- l'aggiunta di elementi che possono modificare le proprietà energetiche dell'insieme (scritte, etichette, film di protezione solare, pittura, ecc.).

I vetri nei quali lo scarto di temperatura tra due zone supera i limiti critici, devono essere trattati termicamente (vetro temprato, indurito). Il limite critico è funzione dello stato dei bordi del vetro installato. La molatura degli spigoli consente di eliminare i difetti dovuti all'operazione di taglio e di adottare valori più elevati di scarto critico, ovviamente i valori critici sono più bassi quando non è possibile eliminare i difetti di taglio.
Le prescrizioni per i vetri rispetto al rischio di rottura termica sono riportate nella norma UNI EN 12600.
Per calcolare tale scarto limite possono essere seguite alcune metodologie suggerite direttamente dai produttori:

- software per il calcolo della differenza di temperatura tra il centro e i bordi della vetrata, applicabili al caso specifico;
- tabelle indicanti i valori limite dei coefficienti propri dei vetri;
- tabelle esemplificative indicanti soluzioni possibili.

Influenza del serramento sui bordi del vetro
In linea generale i bordi si trovano in condizioni termiche diverse dal resto della vetrata.
Tali differenze generano sollecitazioni termiche in funzione:
- della differente inerzia termica tra i materiali (vetro e serramento);
- delle dimensioni, forma e colore del serramento;
- dell'ampiezza degli scarti termici giornalieri.

Influenza delle schermature sulle vetrate
Può essere determinata dalla presenza di tende, di una parete opaca retrostante i vetri, in caso di vetrate isolanti di facciata e di copertura comprendenti uno sbalzo o con componenti sfalsati, vetrate scorrevoli o sovrapposte, ombre portate, pellicole applicate sulle vetrate (in questo caso è sempre obbligatorio uno studio specifico), vetri esposti ad una fonte di calore.

PRODOTTI (ESEMPLIFICATIVO) - **VETRI BASSO EMISSIVI**

Saint-Gobain	*Pilkington*	*Glaverbel*
SGG PLANITHERM ULTRA	Pilkington K Glass	Planibel Top N
SGG PLANITHERM FUTUR N	Pilkington Optiterm SN	Planibel Top NT
SGG EKO LOGIK		Planibel G

VETRATE A CONTROLLO SOLARE

Situazione estiva – riduzione degli apporti energetici.
I vetri con depositi superficiali "agenti" sulla radiazione solare operano in modo analogo ai vetri basso emissivi, con la differenza che la riflessione luminosa viene esercitata selettivamente su parte dello spettro solare, anzichè sulla radiazione puramente termica emessa dai corpi neri.
La gamma dei vetri a controllo solare è vastissima; la loro differenziazione va rilevata nei dati spettrofotometrici (trasmissione luminosa, riflessione, Fattore Solare, valore di trasmittanza) ed in particolare, per gli scambi termici, nel Fattore Solare. Tali valori vengono forniti dal produttore, relativamente al prodotto finito. Naturalmente, al variare di condizioni quali la natura del vetro, lo spessore e la combinazione dello stesso con altri vetri, i valori spettrofotometrici si modificano.
Inoltre, al variare delle caratteristiche, è possibile sottoporre o meno i vetri a lavorazioni successive (processi di tempra, curvatura, stratificazione, assemblaggio in vetrata isolante, etc.).

PRODOTTI (ESEMPLIFICATIVO) - **VETRI A CONTROLLO SOLARE**

Saint-Gobain	*Pilkington*	*Glaverbel*
SGG COOL - LITE e	*Pilkington Suncool*	*Stopsol*
SGG ANTELIO		*Solarbel*

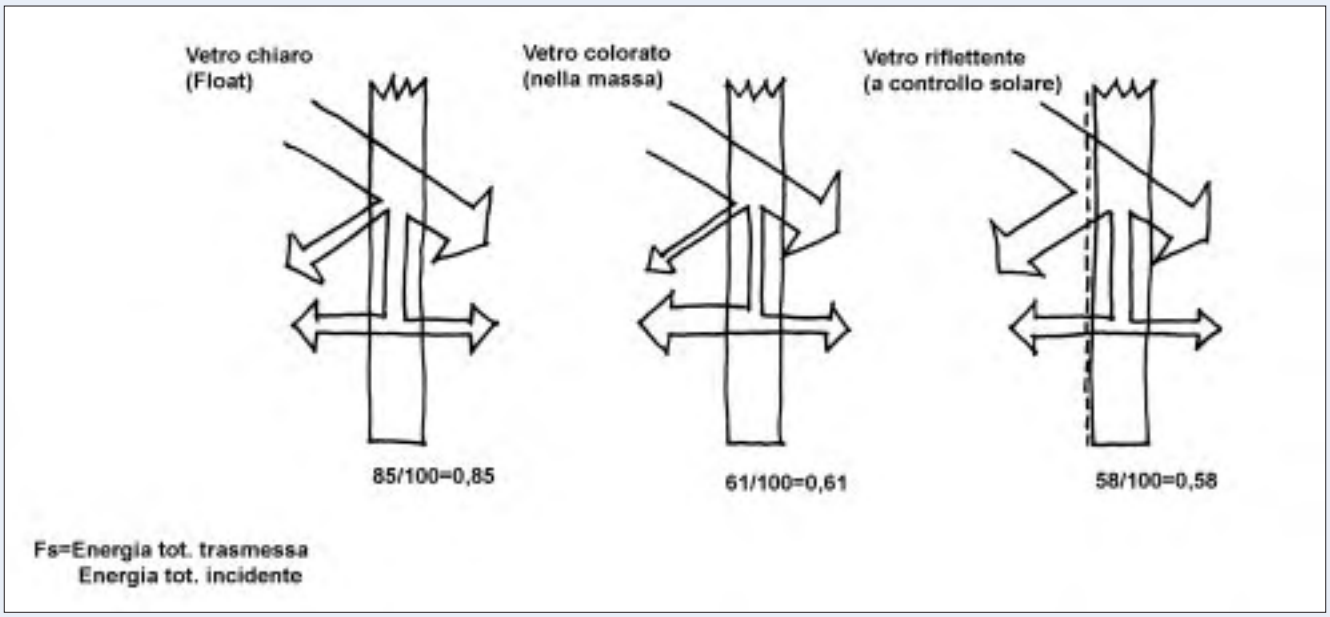


Figura 2: *Schema grafico esemplificativo relativo al Fattore Solare (g) in tre situazioni possibili.*
Il Fattore Solare esprime il rapporto percentuale fra la radiazione solare globalmente trasmessa dalla vetrata (somma di quella direttamente trasmessa TE e di quella assorbita e poi ritrasmessa all'interno per convenzione e irragiamento nell'infrarosso termico) e quella totale incidente su di essa.

VETRI SELETTIVI

In aree climatiche dove si alternano nel corso dell'anno esigenze di riscaldamento invernale e di raffrescamento estivo possono essere utilizzate tipologie di vetri in grado di combinare un'elevata trasmissione luminosa, un limitato apporto energetico solare e bassi valori di emissività (vetri selettivi). Questi prodotti, per ragioni di durabilità e di miglioramento delle prestazioni, normalmente sono installati in vetrata isolante, essendo rivestiti con coating a base di metalli ossidabili.

In tabella sono riportati, a fini esemplificativi, i valori della trasmissione luminosa ed energetica, della riflessione ed assorbimento energetico, del fattore solare e del valore U, relativamente alle differenti tipologie di vetri impiegabili. Dal confronto dei dati, relativi comunque al sistema considerato non in opera, emerge come, nel caso di vetrate selettive, i valori tendono a diventare intermedi rispetto a quelli delle basso emissive e a controllo solare.

	A controllo solare*	Basso emissiva*	Vetrata selettiva*
Trasmissione luminosa (%)	13	80	66
Trasmissione energetica diretta (%)	9	63	31
Riflessione energetica (%)	27	12	31
Assorbimento energetico (%)	64	26	38
Fattore solare (%)			
EN 410	15	72	36
DIN 67507	-	-	33
Valore U (W/mqK)			
Intercapedine aria 12 mm	2.8	1.6	1.5
Intercapedine aria 16 mm	2.7	1.4	1.3
Intercapedine argon 12 mm	2.7	1.2	1.2
Intercapedine argon 16 mm	2.6	1.05	1.1

*Tabella 1: *Prestazioni di prodotti normalmente reperibili sul mercato*

PRODOTTI (ESEMPLIFICATIVO) - **VETRI SELETTIVI**

Saint-Gobain	*Pilkington*	*Glaverbel*
SGG COOL LITE K	Pilkington Suncool HP	Stopray
SGG Planistar	Pilkington Suncool Brillant	Sunergy
		Planibel Energy

VETRATE AUTOPULENTI

Un classico problema derivante dall'uso del vetro in edilizia è quello di riuscire a mantenere le proprietà ottiche ed estetiche del materiale senza generare un'attività di manutenzione onerosa, che può arrivare ad assumere dimensioni consistenti con elevati gradi di complessità nel caso di applicazioni in vetro su vaste superfici (es. facciate continue, grandi coperture, etc.).

A questo scopo è stato sviluppato un tipo di coating che riduce le necessità di pulizia continua causate dai depositi di smog e polveri e riduce l'effetto di distorsione ottica dovuta al contatto dell'acqua con il vetro.

La superficie dei vetri viene rivestita con uno speciale deposito in grado di realizzare un doppio effetto fotocatalitico ed idrofilo. L'effetto fotocatalitico consiste nella reazione innescata tramite il coating dai raggi UV della radiazione solare attraverso la formazione di agenti ossidanti in grado di accelerare la decomposizione di materiale organico presente sulla superficie del vetro.

L'effetto idrofilo consiste nella capacità del coating di essere più "scorrevole" consentendo all'acqua di scivolare via senza che vi si fermino gocce o rivoli e, quindi, di lavare uniformemente lo sporco decomposto.

La combinazione di questi due effetti genera l'azione autopulente.

PRODOTTI (ESEMPLIFICATIVO) **- VETRI AUTOPULENTI**

Saint-Gobain	*Pilkington*
SGG BIOCLEAN	Pilkington Activ
	Pilkington Activ Suncool

Fonti bibliografiche

- AA. VV. (2003), *"Manuale Pilkington Optilam"*
- AA. VV., *"Saint Gobain Glass"*
- Andrea Compagno (2002), *"Intelligent glass façades"*, Birkhäuser, Basel
- Klaus Daniels (2000), *"Low-tech, Ligh tech, High tech"*, Birkhäuser, Basel
- *"Il vetro e le sue possibili applicazioni in edilizia"*, in "Detail" n.3, anno 2000, pag. 430 (trad. it. R. Mombelli)
- AA. VV. (1999), *"Glass construction manual"*, Birkhäuser, Basel
- Quaderni di Architettura, vol.1 – *Controllo solare e isolamento termico*, Saint Gobain Vetro Italia
- Quaderni di Architettura, vol.5 – *SGG Climalit, Saint Gobain Vetro Italia, Saint Gobain Glass*
- Schede tecniche di prodotto: *Pilkington, Glaverbel, Saint Gobain*

che dei profili (si pensi ai profili in PVC migliorati o all'alluminio smaltato e rivestito in legno), intervenendo sul comportamento del telaio, applicandone la tecnologia del taglio termico. Successivamente l'evoluzione ha investito i caratteri di componibilità ed integrabilità, affidando all'infisso oltre che il ruolo di *superficie trasparente* della parete, la possibilità di definire una *facciata continua* ad alte prestazioni, oppure di realizzare interi volumi accessori, quali serre e verande, che vanno ad integrare le capacità dell'edificio cui sono annessi.
In tutto questo il vetro e la ricerca condotta nel settore produttivo di riferimento, ha reso un servizio di qualità per tempi e modalità con cui i processi si sono evoluti e per la quantità di risposte appropriate dei prodotti alle esigenze più evolute della tecnologia applicata.
La creazione del vetro stratificato, la versatilità dimensionale e tecnico-prestazionale delle lastre, ha permesso l'evoluzione integrata dei serramenti, la cui funzione evoluta prevede non più la separazione trasparente tra dentro e fuori l'edificio, ma anche l'organizzazione spaziale di spazi a comfort controllato e la capacità dell'involucro di sfruttare passivamente l'energia solare.
Alla funzione di "serramento evoluto" il vetro contribuisce con una possibilità d'impiego diversificato (per scala ed efficienza dei prodotti), che utilizzano *vetri a controllo solare* (studiati per ridurre l'apporto energetico e luminoso della radiazione solare mediante l'uso di depositi (*coatings*) in grado di riflettere una parte della radiazione e di assorbire l'altra), *vetri basso emissivi* (progettati per l'ottimizzazione dell'isolamento termico, riducono la dispersione di calore dall'interno dell'edificio), *vetri selettivi* (che uniscono le proprietà dei precedenti, essendo contemporaneamente basso emissivi e a controllo solare).
Ancora in una logica di integrazione dei sistemi, il vetro si è evoluto per produrre sistemi specializzati, con vetri con elementi ottici riflettenti e rifrangenti; vetri con pellicole olografiche, selettive in grado di direzionare l'angolo di incidenza e pellicole dicroiche; vetri camera che incorporano lamelle di protezione, lamelle riflettenti, prismi regolabili, nuovi materiali isolanti traslucidi, lastre con struttura capillare o a nido d'ape in policarbonato o metilmetacrilato, microstrutture diffrangenti, fibre di vetro opaco ed altri semiconduttori.
Alla logica delle nuove "tecnologie per le facciate continue" la produzione dei sistemi in vetro, ha risposto con le "vetrate dinamiche", in grado di rispondere alle condizioni climatiche esterne in maniera selettiva, mantenendo elevato il livello di comfort interno. Esse possono comprendere due categorie: *le vetrate attivate di tipo passivo*, sensibili alla luce, grazie ai vetri fotocromatici e al calore, per uso dei vetri termocromatici; *le vetrate controllate direttamente*, attraverso l'applicazione di un basso voltaggio elettrico, con uso dei vetri elettrochimici e a cristalli liquidi (come emerge nello studio condotto da C. Piferi "negli ultimi anni le ricerche per lo sviluppo di tecnologie applicate e prodotti innovativi, intensificate al fine di rispondere alle rinnovate richieste di superfici vetrate sempre più grandi e caratterizzanti, che impongono un utilizzo "puro" del vetro, spettacolare").
La versione più evoluta del sistema di facciata continua è certamente *la tipologia della facciata appesa*, strutturale o no, in cui il vetro assume una funzione morfologica e tecnologica molto integrata, limitando al massimo la presenza di intelaiature metalliche e di strutture portanti, per cui la lastra di vetro si presenta in tutti i suoi aspetti, ma aumenta le capacità tecniche legate al trattamento della superficie, alla resistenza del materiale, alla capacità prestazionale di servire come "frontiera" dell'involucro dell'edificio.
Così in presenza di un involucro sempre più evoluto ed "intelligente", il vetro è uno dei migliori interpreti della sua versatilità, integrabilità e multifunzionalità.
Per cui la tecnologia delle facciate continue trasparenti, semi-trasparenti e a comportamento dinamico si caratterizza e si riconosce fornendo all'edificio una *pelle protettiva* dalle molteplici qualità (termica, acustica, solare, resistente al fuoco, agli sforzi meccanici), una *pelle reattiva* (fotosolare, supporto delle immagini, cromatica o fotosensibile, illuminante, autopulente), una *pelle estetizzante* (laminata, curvata, traslucida-trasparente); infine una *pelle strutturale* (autoportante, con sistema portante). L'applicazione di una pelle sensibile corrisponde alla nuova concezione architettonica e tecnologica dell'involucro edilizio; come

INNOVAZIONE DELLA TECNOLOGIA	**EVOLUZIONE DELLA PRODUZIONE**
Serramenti semplici Infissi semplici	Vetri semplici, vetri doppi, vetri camera.
Serramenti evoluti Finestre triple e finestre sottovuoto	Vetri riflettenti, vetri bassoemissivi, vetri selettivi, vetri con elementi ottici riflettenti e rifrangenti; vetri con pellicole olografiche, selettive, e pellicole dicroiche; vetri camera nuovi materiali isolanti traslucidi, lastre con struttura capillare o a nido d'ape in policarbonato o metilmetacrilato, microstrutture diffrangenti, fibre di vetro opaco ed altri semiconduttori.
Vetrate dinamiche Vetrate attivate di tipo passivo (I) Vetrate controllate direttamente (II)	(I) Vetri fotocromatici, vetri termocromatici. (II) Vetri elettrochimici e a cristalli liquidi.
Facciate continue Involucro intelligente *	*Pelle protettiva* con vetro ad alta prestazione (termica, acustica, solare, resistente al fuoco, agli sforzi meccanici); *pelle reattiva* di tipo fotosolare, supporto delle immagini, cromatica o fotosensibile, illuminante, autopulente; *pelle estetizzante* di tipo laminata, curvata, traslucida-trasparente; *pelle strutturale* di tipo autoportante, con sistema portante.

*Questi prodotti sono attualmente disponibili solo a livello di prototipi per lo studio e lo sviluppo e non sono commercializzati su larga scala.

Tabella 1: Produzione degli elementi in vetro ed innovazione tecnologica dei componenti. Quadro di sintesi.
Fonte: C.Nava, dicembre 2003)

VETRI DI BASE

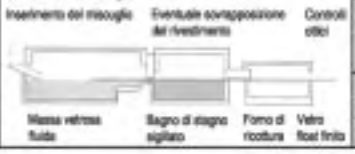
Vetri float trasparenti e colorati



Vetri ottenuti per colata su bagno metallico in atmosfera controllata e disponibili in grandi lastre planimetriche.

fasi di produzione

La massa vetrosa viene colata direttamente su un bagno di stagno fuso, in atmosfera inerte, dove assume una perfetta planarità, e inviata al reparto di ricottura dopo aver subito stiri o compressioni, perpendicolari all'asse del bagno.



proprietà fisiche

indice di attenuazione acustica	da 26 a 33 Db
fattore di trasmissione energetica	da 68% a 87%
fattore di trasmissione luminosa	da 88% a 91%
coefficiente di trasmissione termica	U = da 5,4 a 5,9 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



Sono destinati ad ogni tipo di impiego, in edilizia e arredamento, ossia in tutte le vetrazioni interne ed esterne in dimensioni e spessori adeguati dove alla lastra non siano richieste caratteristiche particolari oltre la semplice trasparenza.

VETRI DI SICUREZZA

Vetri temprati



Vetri di sicurezza trattati con tempra termica, che in caso di rottura si riducono in minuti frammenti non taglienti.

fasi di produzione

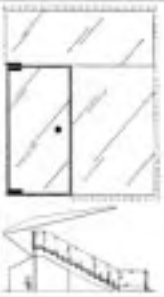
I vetri temprati subiscono un particolare processo termico di riscaldamento e successivo rapido raffreddamento che conferisce alla lastra elevata compressione superficiale, buone caratteristiche di resistenza meccanica (con particolare riguardo alla flessione) e allo shock termico.



proprietà fisiche

carico unitario di rottura a compressione	σ Rc = 60 kg/mm²
carico unitario di rottura a flessione	σ Rf = 20 kg/mm²
modulo di elasticità (Young)	E = 20 kg/mm²
coefficiente di Poisson	0,22

campi d'impiego - funzionamento



Possono essere montati senza intelaiature perimetrali per vetrine di negozi, facciate o essere utilizzati come riempimento di telai in legno, PVC, alluminio o in arredamento come piani di tavole, scaffali.

Vetri stratificati



Vetri di sicurezza resistenti all'urto composti da almeno due lastre e da strati termoplastici trasparenti interposti.

fasi di produzione

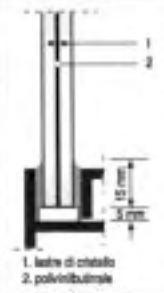
Lastre e fogli plastici, dopo essere stati opportunamente assemblati a strati, vengono introdotti in autoclave dove, sotto la duplice azione di calore e pressione, si compie il processo di laminazione che rende compatto il prodotto.



proprietà fisiche

Indice di attenuazione acustica	da 32 db a 40 > db
fattore di trasmissione luminosa	da 79% a 90%
coefficiente di trasmissione termica	U = da 5,4 a 5,8 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



Trovano applicazione in parapetti di balcone, vani scala, gabbie di ascensori, divisori per doccia, portoni di ingresso, sottofinestre, vetrine di negozi, ingressi blindati con controllo e blocco antirapina, banche, uffici postali, musei, ospedali.

Vetri armati



Vetri di sicurezza colati e greggi nei quali è incorporata una rete metallica a maglia quadra saldata, di circa 12,5 mm.

fasi di produzione

Nel vetro, in lastra o profilato, trasparente o con impressioni superficiali, viene inserita una "armatura" consistente in fili metallici cromati correnti nel senso di colata o riuniti in una rete metallica pure cromata, in genere a maglia quadra saldata. Tale armatura assicura contro la caduta o il distacco di frammenti da un elemento rottosi in opera.

proprietà fisiche

indice di attenuazione acustica	30 Db
fattore di trasmissione luminosa	60%
coefficiente di trasmissione termica	U = 5,7 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



Poichè la rete metallica trattiene le schegge di vetro in caso di rottura le lastre armate vengono impiegate in coperture, lucernari, tettoie, plafoniere, vetrate.

VETRATE ISOLANTI

Vetrate isolanti (vetricamera)



Pannelli formati da due o più lastre di vetro tra loro unite al perimetro con interposizione di un'intercapedine a tenuta stagna.

fasi di produzione

Le lastre vengono unite ai bordi mediante sigillatura interponendo appositi distanziatori (in metallo o plastica, contenenti sali disidratanti), per formare un'intercapedine contenente aria o gas disidratati.



proprietà fisiche

fattore di trasmissione energetica	da 59% a 70%
fattore di trasmissione luminosa	da 77% a 81%
coefficiente di trasmissione termica	U = da 2,7 a 3,3 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



Trovano diffusa applicazione in finestrature isolanti per facciate continue, in sostituzioni di vetri semplici con vetrate isolanti, in pannelli di grandi dimensioni e in applicazioni speciali in cui si richieda anche l'isolamento acustico.

VETRATE ISOLANTI

Vetri di "daylighting"



Vetri isolanti nella cui, nell'intercapedine, tra le due facce, vengono inserite delle lamelle destinate a captare e orientare la luce.

fasi di produzione (produzione di nicchie)

Il vetro si compone di una lastra esterna di vetro float o pirolitico e di una interna di vetro float o stampato. La sua funzione è quella di migliorare l'illuminazione di un locale, fino a 400 lux e fino ad una profondità di 6 metri.



proprietà fisiche	
indice di attenuazione acustica	35 Db
fattore solare	0,30
coefficiente di trasmissione termica	U = 1,1 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



La luce solare che arriva sulla facciata viene deviata dal vetro in verticale verso il soffitto, da dove viene riflessa poi sui piani di lavoro. Questo sistema consente un'illuminazione dei locali regolare, non abbagliante.

VETRI PER LA DECORAZIONE D'INTERNI

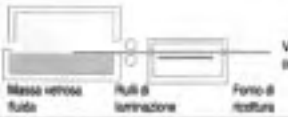
Vetri stampati



Vetri piani, chiari o colorati, traslucidi, aventi una o entrambe le facce impresse con disegni o motivi ornamentali.

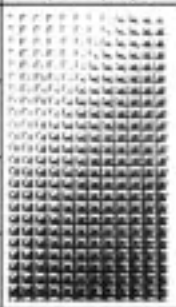
fasi di produzione

La massa vetrosa viene colata continuamente tra coppie di rulli laminatori, ricevendo così la stampa superficiale. A seconda della conformazione dei rulli si possono avere due facce piane, una piana e una decorata o due facce decorate.



proprietà fisiche	
indice di attenuazione acustica	da 26 a 37,5 Db
carico unitario di rottura a flessione	σ Rf = 3,5 kg/mm²
fattore di trasmissione luminosa	da 70% a 80%
coefficiente di trasmissione termica	U = 5,7 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



Sono destinati ad applicazioni molto diversificate: per pareti divisorie, porte, box doccia, parapetti per balconi, per tavoli, scaffali, elementi per bagni o cucine, banchi per negozi. Possono essere temprati o no a seconda dei casi.

Vetri profilati a U



Barre di vetro traslucido profilate a forma di U, con cui è possibile vetrare ampi vani vincolandole alle strutture perimetrali di questi.

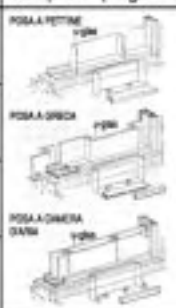
fasi di produzione

Un sottile nastro di vetro, ancora deformabile, dopo la vasca di fusione viene condotto su stampi che piegano verticalmente verso l'alto i bordi. L'elemento finito consiste in barre a forma di U di sezione standard e altezza variabile.



proprietà fisiche	
carico unitario di rottura a flessione	σ Rf = 3,5 kg/mm²
modulo di elasticità (Young)	E = 7300 kg/mm²
momento d'inerzia rispetto all'asse neutro	174.500 kg/mm4
modulo di resistenza rispetto all'asse superiore	5300 kg/mm²

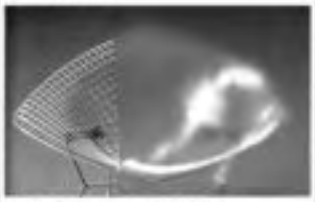
campi d'impiego - funzionamento



Trovano impiego in pareti, vani scala, finestrature, tettoie. Si hanno tre tipi di montaggio: *a pettine*, in cui le barre vengono affiancate, *a greca*, in cui sono incastrate, *a camera d'aria*, con una intercapedine tra due strati montati a pettine.

VETRI SATINATI

Vetri satinati



Vetri dall'aspetto traslucido, che consentono il passaggio della luce garantendo nel contempo la riservatezza degli spazi interni.

fasi di produzione

Il trattamento opacizzante della satinatura viene eseguito chimicamente mediante lavorazione all'acido fluoridrico di una delle facce di un vetro chiaro o colorato, che consente di ottenere una superficie incisa in modo omogeneo e molto accurato.
La satinatura può interessare anche porzioni limitate della superficie in vetro, il che richiede che queste ultime vengano accuratamente protette.

proprietà fisiche	
fattore di trasmissione luminosa	da 61% a 88%
fattore solare	da 0,58 a 0,81
coefficiente di trasmissione termica	U = 5,8 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



Vengono utilizzati principalmente in applicazioni interne alle abitazioni e ad edifici per il terziario, quali divisori, porte e pareti scorrevoli, rivestimenti murali, balaustre e ascensori, tavoli, scaffali, vetrine, banconi, porte di armadi, vetrate isolanti.

VETRI ARGENTATI

Specchi



Vetri riflettenti ottenuti mediante applicazioni successive di un deposito d'argento metallico su una delle due superfici di un vetro chiaro o colorato.

fasi di produzione

Il deposito si ottiene per precipitazione di argento sulla superficie del vetro. La protezione degli agenti chimici e maccanici si ottiene mediante successive verniciature.
Le fasi essenziali sono: tamponatura, sgrassatura, lavaggio, clorurazione, argentatura, applicazione degli strati protettivi, essiccazione, lavaggio finale, controllo di qualità. La fase di ramatura e l'uso di vernici protettive se piombo appartengono a tecnologie superate e non più in uso nelle produzioni di migliore qualità.

proprietà fisiche	
fattore di riflessione luminosa	> 90%
fattore solare	0,67
coefficiente di trasmissione termica	U = 5,7 W/m²k

campi d'impiego - funzionamento



Trovano applicazione in tutti i casi in cui si desideri compensare una mancanza di spazio o luce, ma anche in ingressi, corridoi, ascensori, sale da spettacolo e, incorniciati o no, come divisori, rivestimenti murali o di colonne e soffitti.

COMPONENTI IN VETRO

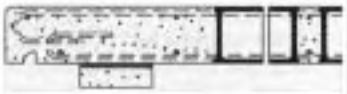
Vetromattoni



Manufatti formati da due elementi in vetro con camera d'aria interposta, dalle superfici esterne lisce o lavorate.

fasi di produzione

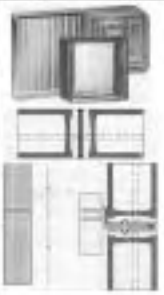
Durante la produzione il vetro viene fuso e ricotto a circa 1200 C°; infine la pasta viene pressata in elementi cavi, che vengono accoppiati e saldati a fuoco lungo i bordi, che sono imbiancati e rientranti per l'alloggiamento dell'armatura.



proprietà fisiche

trasparenza alla luce	buona
luminosità	buona
resistenza meccanica	elevata
isolamento termo-acustico	buono

campi d'impiego - funzionamento



Il vetromattone è l'elemento base per pareti traslucide in vetrocemento armato. Viene messo in opera interponendo un tondino di ferro a ogni interasse e sulle fasce perimetrali. I singoli elementi vengono quindi resi solidali con cls.

VETRI CON ELETTRODI

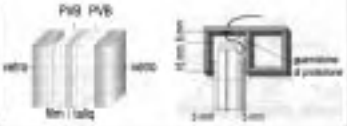
Vetri a cristalli liquidi



Vetri stratificati ad alta tecnologia che possono essere resi trasparenti o opachi mediante un semplice impulso elettrico.

fasi di produzione (produzione di nicchia)

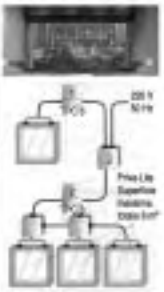
E' composto da almeno due lastre di vetro indurito chiaro o colorato, due fogli di PVB tra i quali è collocato un film detto Talig, che contiene cristalli liquidi e le cui facce sono ricoperte da uno strato metallico conduttore di elettricità.



proprietà fisiche

fattore di trasmissione luminosa in posizione "ON" (trasparente)	75%
fattore di trasmissione luminosa in posizione "OFF" (traslucido)	74%

campi d'impiego - funzionamento



Vengono utilizzati in pareti interne ed esterne. In assenza di tensione elettrica i cristalli liquidi sono distribuiti in modo caotico, per cui il vetro si opacizza. In presenza di tensione elettrica essi si allineano rendendolo di nuovo trasparente.

Vetri riscaldanti



Vetri muniti di elettrodi disposti sui lati, che in presenza di alimentazione trasformano l'energia elettrica in calore.

fasi di produzione (produzione di nicchia)

Tale vetro si compone di un basso emissivo, dotato di elettrodi conduttori su due dei lati, invisibili una volta che il vetro viene montato nel suo telaio, un vetro chiaro temprato, una barriera contro i gas e il vapore acqueo, uno spazio tra i vetri riempito di gas Argon, un cavo elettrico d'uscita, collegato agli elettrodi fissati sul deposito, un regolatore di temperatura.

proprietà fisiche

temperatura sup. del vetro interno (comfort)	T = da 15 a 25 C°
temperatura sup. del vetro interno (riscaldamento)	T = da 20 a 40 C°
potenza elettrica (comfort)	W = 50 ± 100 W/m²
potenza elettrica (riscaldamento)	W = 100 ± 300 W/m²

campi d'impiego - funzionamento



Vengono impiegati per ridurre l'effetto "parete fredda", sopprimendo i trasferimenti termici per irraggiamento e convezione che sono all'origine della sensazione di corrente d'aria fredda, e per evitare formazione di condensa sul vetro.

Moduli fotovoltaici



Moduli composti da due lastre di vetro con interposte celle solari per la trasformazione dei raggi solari in corrente elettrica.

fasi di produzione (produzione di nicchia)

Le celle solari vengono inserite tra le lastre di vetro con resine polimeriche trasparenti. Si possono usare celle *monocristalline*, che convertono fino al 16% dell'energia solare in corrente o *policristalline*, con rendimento elettrico del 14%.



proprietà fisiche

aspetto visivo	blu argento nero bronzo
potenza elettrica per cella nell'elemento	da 0.8 a 3 W
formati dei moduli	rettangolari trapezoidali triangolari

campi d'impiego - funzionamento



Possono essere montati in facciata come frangisole o come elemento trasparente o pannello sottofinestra opaco, oppure integrati in copertura o collocati sul tetto. Sono strutturati come lastre di vetro dotate di due collegamenti elettrici.



Fig.1



Fig.2

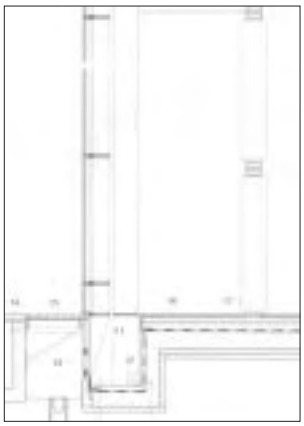


Fig.3

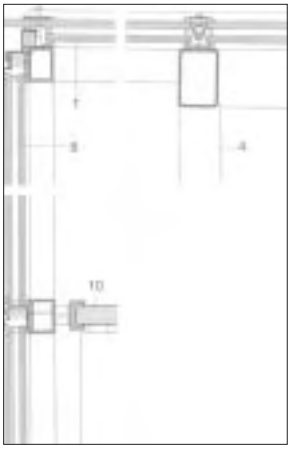


Fig.4

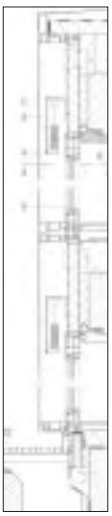
Figura 1, 2: Particolare di facciata continua schermata
Figura 3,4: Copertura di vetro termoisolante piana. In facciata:vetro camera – vetro di sicurezza stratificato 8 mm+intercapedine 16 mm; vetro semplice 10 mm serigrafato; lastra in vetro esterna sfalsata. Controvento facciata di vetro 36/300 mm
Fonte: Schittich C. (a cura di), 2003, Involucri edilizi in Detail, Birkhauser ed., Berlino



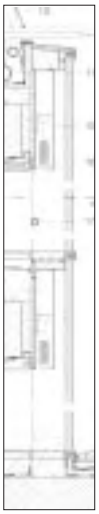
Fig.1



Fig.2



Sez.3A



Sez.3B

Figura 1, 2: Particolare di facciata vetrata con ante apribili su spazio di accumulo
Sez.3A: Parete sud (lastra di vetro esterna 12 mm + vetro della finestra del tipo 6mm+ interc.14 mm+ stratif.8 mm con telaio in alluminio a taglio termico). Sez.3B: Parete nord (vetro 10 mm + intercap.16 mm + 10 mm)
Fonte: Schittich C. (a cura di), 2003, Involucri edilizi in Detail, Birkhauser ed., Berlino

approfondisce R. L. Mombelli, "l'involucro, svincolatosi dall'orditura strutturale e dai setti murari emerge in superficie e diventa epidermide funzionale reattiva interpretando parametri fisici ed adeguandosi alle richieste dell'utenza (…). Il materiale è concettuale. Non più il materiale per la funzione ma la funzione per il materiale".

Fonti bibliografiche

- AA.VV., 1995, *Tendenze di ricerca e classificazione*, in "Manuale di Progettazione Edilizia -Materiali e Prodotti", vol.5, Hoepli ed., Milano
- Balkow D, *Il vetro*, in Sobek W. (1999), "Atlante del vetro", UTET, Torino
- Losasso M., 2002, *Orientamenti della progettazione ed evoluzione della produzione industriale per l'edilizia*, in Atti – Giornata di Studi sulla Produzione edilizia G.Ferracuti, Venezia, 17.05.2002
- Mombelli R.L., 2003, *Innovazione Vetro*, in rivista Materia n. ,Motta ed., Milano
- Piferi C., 2003, *L'innovazione tecnologica dei serramenti*, in "Speciale Serramenti", rivista Paesaggio Urbano n. maggio-giugno, 2003, Maggioli ed., Rimini
- Trani M., "*Vantaggi trasparenti*", in Dossier Facciate di vetro, in rivista Costruire n.248, gennaio 2004
- Wachsmann K., 1960, *Una svolta nelle costruzioni*, Il Saggiatore, Milano

Il miglioramento ambientale attraverso la valutazione dell'efficienza: analisi dei casi

Consuelo Nava

PREMESSA

Questioni tecnologiche e temi ambientali

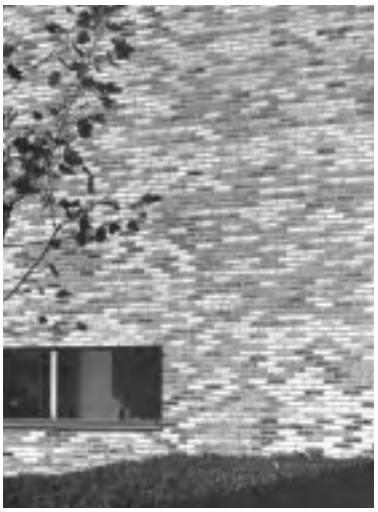
I temi legati alla progettazione e realizzazione dell'involucro edilizio trattano ed interpretano argomenti fortemente interni a questioni tecnologiche ed implicazioni ambientali tra loro correlate.
I caratteri, le tecnologie ed i materiali verificano la fattibilità costruttiva del progetto di involucro alla scala ambientale e la sua configurazione in termini morfologici ed innovativi. In particolare ragionare sulle capacità dell'involucro edilizio di garantire l'efficienza energetico-ambientale in edifici a basso impatto, significa passare da un concetto di involucro come "frontiera" ad un concetto di involucro come "interfaccia tra interno ed esterno", come parete flessibile e fortemente integrabile nel suo funzionamento, in rapporto alle parti dell'edificio stesso, e come parete filtro, identificabile nella costruzione degli spazi aperti e degli spazi intermedi, nell'organizzazione spaziale ed ambientale alla scala di contesto insediativo. Nel quadro degli interventi progettuali alla scala tecnologica, il sistema-involucro diviene l'apparato-strumento più idoneo a controllare i livelli energetici e di comfort per i problemi inerenti il riscaldamento ed il raffrescamento dell'edificio, la sua gestione nell'uso dei sistemi integrati, per la configurazione possibile con i differenti livelli di diversificazione alla scala di componente edilizio e di sistema.
A livello progettuale la comprensione della "tecnologia dell'involucro e delle sue capacità di esprimere prestazioni ambientali" si realizza essenzialmente attraverso l'acquisizione dell'informazione tecnica e grafica dei temi legati al funzionamento delle sezioni costruttive di sistema, all'integrazione con dispositivi e sistemi energetici passivi, alla capacità di esprimere correttamente il disegno di dettaglio dei componenti, quindi alla scelta dei materiali più idonei ed ai livelli di uso e manutenzione possibile *(Nota 1)*.
L'edificio deve essere progettato al fine di migliorare la sua efficienza ambientale. La sua struttura, il suo funzionamento, la sua manutenzione hanno il comune scopo di non interagire negativamente con l'ambiente e l'impegno tecnologico è il ricercare delle soluzioni atte a favorire il raggiungimento di tale obiettivo, attraverso la definizione di nuovi livelli di compatibilità.
La "forma dell'edificio", sempre percepibile attraverso la "forma dell'involucro", scaturirà dall'ideazione progettuale metabolizzata dalla considerazione di questi obiettivi. Le forme, se connesse con la qualità dei materiali esistenti, se connesse alle modalità di utilizzazione tipiche del territorio, se connesse ai luoghi, per quanto creative e innovative possano essere, valorizzeranno comunque i caratteri dell'unità paesaggistica e le capacità degli intorni ambientali e dunque con esse saranno inscindibilmente collegate.
La considerazione degli aspetti ambientali all'interno del processo, quindi della progettazione edilizia, comporterà innovazioni nella definizione della configurazione degli edifici, soprattutto attraverso l'innovazione dell'involucro. La tecnologia in tal senso può portare ad un plus valore come processo sociale: il continuo scambio tra innovazione tecnica e modelli sociali fa sì che le nuove soluzioni tecnologiche, tese a risolvere i problemi ambientali, possano essere rileggibili anche nella percezione degli edifici in un nuovo linguaggio.
Sulla base della determinazione di obiettivi ambientali e dunque di nuovi traguardi, la tecnica può tornare a rivestire un ruolo centrale nella risoluzione dei problemi, rispondendo con il progetto tecnologico a questioni sociali ed ambientali, può portare al superamento delle contraddizioni, ad attualizzare la perduta contiguità tra uomo e natura. Da qui alcune considerazioni sul tema dell'involucro e del suo funzionamento, in relazione alle capacità con cui esso si configura come "un sistema aperto" o come "un sistema chiuso" *(Nota 2)*.



La parete vetrata ha la funzione di connettere l'interno con l'esterno
Fonte: Schittich C. (a cura di), 2003, Involucri edilizi in Detail, Birkhauser ed., Berlino



La parete vetrata ha la funzione di riflettere ciò che è esterno, in continuità con lo specchio d'acqua
Fonte: Schittich C. (a cura di), 2003, Involucri edilizi in Detail, Birkhauser ed., Berlino



La superficie vetrata dell'infisso orizzontale non fa perdere la continuità del paramento in mattoni della facciata
Fonte: Schittich C. (a cura di), 2003, Involucri edilizi in Detail, Birkhauser ed., Berlino

SOSTITUZIONE DEI VETRI

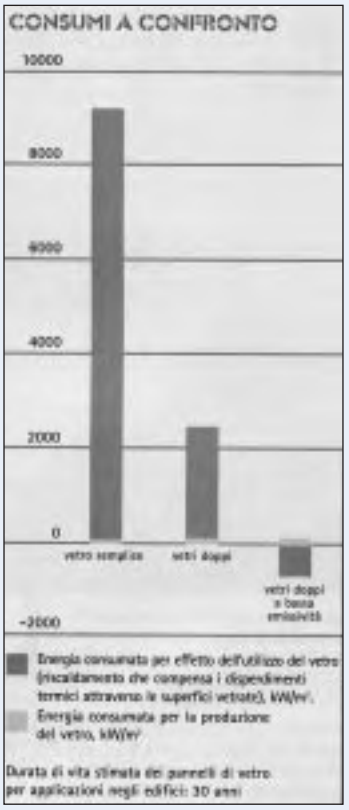
Alcune considerazioni aggiuntive possono essere fatte sulla convenienza di utilizzare sistemi di vetratura con prestazioni ad alta efficienza, per le loro capacità relative alla durabilità delle parti nel lungo periodo.
Pertanto anche i livelli energetici solitamente impiegati in interventi di manutenzione, ripristino degli elementi, possono definirsi bassi in regime di funzionamento non interrotto da guasti.
Questo permette peraltro di assicurare all'efficienza energetica di tutto l'edificio una continuità garantita dal buon funzionamento dei componenti in vetro.
Nel bilancio ecologico complessivo di un sistema costruttivo, in cui vi sia la presenza di elementi in vetro, l'energia necessaria per produrre i componenti stessi si può dire ampiamente recuperata, durante l'uso e la gestione per le prestazioni espresse durante il funzionamento.
Una ricerca condotta da Saint Gobain su nuove tipologie di vetri per facciate (vetro camera con isolamento termico potenziato) ha dimostrato quanto esse possano contribuire a ridurre i consumi energetici per il riscaldamento ed il raffreddamento rispetto ai vetri semplici e assicurare al tempo stesso un livello di illuminazione ottimale. Il diagramma illustrato nel box, dimostra come su un ciclo di vita di 30 anni i nuovi vetri a bassa emissività possano offrire un contributo positivo di energia rispetto ai vetri semplici e a quelli doppi di tipo tradizionale.

CO_2 prodotto/Condizione per l'attribuzione
CO_2: 105-91 Kg/mqa - materiali e componenti in vetro ininfluenti
CO_2: 90-71 Kg/mqa - materiali e componenti in vetro ininfluenti
CO_2: 70-56 Kg/mqa - materiali e componenti in vetro ininfluenti
CO_2: 55-46 Kg/mqa – edificio con isolamento potenziato, **infissi esterni a doppio vetro del tipo basso emissivo,** porte e sottotetto ulteriormente isolati; caldaia a gas condensato per produzione di acqua calda e riscaldamento
CO_2: 45-36 Kg/mqa – edificio con isolamento potenziato, **infissi esterni a doppio vetro del tipo basso emissivo,** porte e sottotetto ulteriormente isolati; caldaia a gas condensato per produzione di acqua calda e riscaldamento; cottura a gas
CO_2: 36 Kg/mqa – edificio con isolamento potenziato, **infissi esterni a doppio vetro del tipo basso emissivo,** porte e sottotetto ulteriormente isolati; caldaia a gas condensato per produzione di acqua calda e riscaldamento, con sistema di distribuzione a basse temperature; pompa per recupero di calore

Tabella 1: Valutazione delle qualità ambientali degli edifici
Fonte: BREEAM, atti 1991

Lo studio BREAM evidenzia come nel sistema di valutazione della qualità ambientale degli edifici questi possano essere valutati più o meno positivamente a seconda della capacità di ridurre le emissioni di CO_2.

Consumi a Confronto


CONSUMI A CONFRONTO
10000
8000
6000
4000
2000
0
-2000
vetro semplice
vetri doppi
vetri doppi a bassa emissività
Energia consumata per effetto dell'utilizzo del vetro (riscaldamento che compensa i dispersivi termici attraverso le superfici vetrate), kW/m²
Energia consumata per la produzione del vetro, kW/m²
Durata di vita stimata dei pannelli di vetro per applicazioni negli edifici: 30 anni

Un mq di vetro semplice utilizzato in facciata comporta un consumo di energia di circa 9250 kWh in 30 anni; un mq. di vetri doppi riduce il consumo a circa 2500 Kwh, mentre uno di vetri a bassa emissione offre un contributo positivo di circa 800 Kwh. I nuovi tipi di vetro, durante l'inverno, consentono l'ingresso nell'edificio di un quantitativo di energia maggiore di quello che lasciano uscire, perciò con un bilancio energetico positivo. In valore, il coefficiente di isolamento termico U per vetrocamera con isolamento termico potenziato (per le tipologie SGG Climaplus) è compreso tra 1,9 e 1,4 W/(mqK) per isolamento con aria e tra 1,4 e 1,1 W/mqK) per isolamento con argon. Il mercato edilizio europeo nelle fasce di qualità medio-alta tende a privilegiare i coefficienti U di valore inferiore (minore di 1,2 W/mqK) e l'offerta presenta varie tipologie di prodotti. Sono stati recentemente sviluppati rivestimenti a base di argento che possono essere sottoposti a tempra. Glaverbel ha lanciato il TopNt, un prodotto ad elevata resistenza ed eccelenti proprietà isolanti e di sicurezza. In generale, i rivestimenti low-e (a bassa emissività) a base di argento permettono di ridurre il coefficiente U del vetro fino a 1,1 W/(mqK) senza incidere sulla neutralità e la trasmissione luminosa (79% rispetto all'82% di una vetrata isolante tradizionale). Per il mercato residenziale il fattore prioritario è la riduzione dei consumi energetici e le vetrate isolanti con rivestimento low-e permettono un elevato risparmio annuale rispetto alle vetrate isolanti tradizionali.

Fonte: M.Trani in "Vantaggi trasparenti" – Costruire, gennaio 2004

INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI E DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI STUDIO

Nuova riconoscibilità dell'involucro in vetro

Con particolare riferimento alla "tecnologia vetro", all'evoluzione dell'involucro, alle sue capacità di esprimere configurazioni differenti, nella diversificazione dei prodotti e nella sua configurazione formale, occorre ridefinire in una nuova ottica il concetto di leggerezza e trasparenza, di continuità e modello strutturale.
L'ottica non può essere più quella convenzionale, storica, che guardava all'involucro vetrato unicamente come prodotto di una tecnologia strutturalmente leggera e trasparente per effetto.
Alla luce delle nuove capacità energetiche e di funzionamento delle superfici vetrate, la "leggerezza degli elementi in vetro" può divenire invece "pesante" per gli impatti sull'ambiente, così come la trasparenza può essere non costante nel tempo e la facciata "mutare" secondo modelli energetici più efficienti al fluttuare delle condizioni climatiche e di comfort. Quest'ultima considerazione caratterizza le facciate evolute in vetro, rispetto ai modelli tradizionali più diffusi.
L'architettura tradizionale in fondo si basava su principi evoluti di standardizzazione (modularità ed assemblabilità), decostruibilità, riciclabilità, bassa energia contenuta e bassa energia consumata. Il percorso evolutivo che ha caratterizzato la storia delle tecniche costruttive e dell'architettura, si è sempre misurato con la sfida tecnologica ad avere impianti strutturali, con grandi luci, ma materiali e tecnologie costruttive sempre più leggere, caratterizzanti involucri leggeri e trasparenti, permeabili.
I nuovi concetti di trasparenza legata alla "selettività energetica" (serre, pareti vetrate, etc.) ha di fatto modificato il carattere che definiva la tecnologia del vetro nel passato.
Dal punto di vista dell'innovazione tecnologica e del progetto dell'involucro vetrato si profila in altre parole, il tema della gestione della trasparenza, all'interno della quale la trasparenza costituisce una qualità con caratteristiche variabili da contesto a contesto, da progetto a progetto, e comunque in grado di corrispondere in modo differenziato alle diverse condizioni d'uso. Il problema non è soltanto quello di mettere a punto materiali, dispositivi e sistemi sempre più performanti sotto il profilo della trasmissione dell'energia termica e luminosa, ma piuttosto quello di proporre, sperimentare e mettere a punto materiali, dispositivi e sistemi che permettano un controllo flessibile e personalizzato della trasparenza, a tutti i livelli.
In tale contesto un rilevante ruolo è svolto dal comparto della produzione che, anche per il vetro, ha partecipato in maniera attiva e da protagonista nella definizione delle nuove capacità innovative e di risposta alla scala di prodotto e di progettazione dell'edificio. Ma, anche in questo caso l'evoluzione è avvenuta con non poche verifiche e strategie a volte conflittuali.
"(…) A volte può risultare più importante far passare la luce ma impedire la visione, oppure fare ombra senza alterare la visione; ancora, ridurre l'apporto calorico dell'irraggiamento del sole senza mettere in dubbio la nitidezza della visione (…)" (RFR Eng., 2003).
"(…) L'innovazione tecnologica del costruire si muove tra le differenti tendenze dell'innovazione trainata dalla domanda (need pull) e l'innovazione spinta dalla tecnologia (technology push). Da un lato architetture sempre più efficienti sia dal punto di vista delle perfermonces funzionali che di comfort, dall'altro la volontà di applicare le tecnologie in modo diffuso (per questioni di mercato e di innovazione sperimentale – applicata)" (Campioli, 2002).







Small House, Tokyo, 2000 – Progettista: K.Sejima
La forma dell'edificio determinata dalla forma del lotto è stata resa possibile da un involucro con superfici in vetro ad alte prestazioni.
Fonte: People N. (a cura di) (2003), Piccole grandi case, Logos ed., Singapore

L'ANALISI DEI CASI STUDIO

Proposta di studio in tre sezioni

Vengono individuate tre sezioni per la lettura di casi studio che presentano la progettazione di edifici in cui le soluzioni con elementi in vetro esprimono la versatilità e la flessibilità nell'impiego dei sistemi, con particolare riferimento all'aumento dell'efficienza energetica ed ambientale degli edifici *(Nota 3)*:

- *Involucro in grandi progetti (alla scala di componente) Sezione 1*
- *Adeguamento in edilizia diffusa (alla scala di sistema) Sezione 2*
- *Impiego del vetro riusato (alla scala di materiale) Sezione 3*

La lettura alla scala di componente (sez.1) considera la disponibilità della produzione tra risorsa ed innovazione (tipi di vetro) e la valutazione dell'efficienza energetica in relazione alla configurazione tecnologica (con riferimento ai prodotti).
La lettura alla scala di sistema (sez.2) considera l'adeguamento energetico con il progetto di nuove funzioni e modelli tipologici applicate all'esistente (studio delle trasformazioni tecnologiche, in relazione a nuovi modelli di funzionamento ambientale).
La lettura alla scala di materiale (sez.3) considera il riuso di componenti e materiale come materia prima-seconda, prendendo in considerazione le nuove capacità prestazionali, derivanti anche da un uso improprio del materiale e dei componenti.

Criteri di selezione dei casi

I criteri con cui sono stati selezionati i casi presentati nelle tre sezioni, mirano essenzialmente a validare due questioni: la prima, riferita alla capacità con cui il vetro, nella configurazione di materiale, componente e sistema, riesce a risolvere problemi di funzionamento efficiente dal

punto di vista energetico ed ambientale, sia che si tratti di progetto ex-novo che di progetto di recupero; la seconda, riferita alle capacità proprie della tecnologia vetro di presentare scenari differenti, riferiti a modelli formali, strutturali e di configurazione architettonica alle differenti scale, mettendo in evidenza i possibili livelli di compatibilità con i fattori di processo e di prodotto coinvolti.
Pertanto i criteri con cui sono stati selezionati i casi, hanno riguardato:
– *per la sez.1:* gli aspetti tipologici (dimensione, funzione); l'efficacia tecnologica (impiego, proprietà strutturali, livelli di funzionamento); l'efficienza energetico-ambientale (prestazioni ecologiche, prestazioni energetiche);
– *per la sez.2:* la tipologia ambientale d'intervento (sistema energetico adottato); la definizione del componente; la tipologia del vetro; le alternative tipologiche del componente; la definizione del nuovo sistema tecnologico (il suo valore di adeguamento); le capacità energetiche del nuovo sistema; la capacità d'integrazione con l'esistente; la verifica della validità del modello anche per sistemi ex-novo;
– *per la sez.3:* la tipologia tecnologica d'intervento (la sua relazione con il modello di riuso e/o riciclo alla scala di materiale e componente); la valutazione degli aspetti energetico- ambientali (con riferimento agli indicatori); la valutazione degli aspetti socio-ambientali (con riferimento agli indicatori); la definizione degli aspetti tecnico-ambientali (le caratteristiche tecniche e la graficizzazione della soluzione alla scala di sistema).

Struttura delle informazioni

La struttura delle informazioni con cui viene organizzato il repertorio dei casi studio prende in considerazione tre livelli di interpretazione: l'individuazione dei temi specifici per ogni sezione, l'efficacia dell'informazione tecnica e l'istruzione dell'informazione grafica. Di seguito la specificazione per ogni sezione.

Sezione 1 - Involucro in grandi progetti. Presenta i casi attraverso:
a. caratteri del sistema: modello tipologico, modello riferito all'involucro edilizio, modello energetico;
b. caratteri del componente (particolari strutturali): accoppiamenti meccanici, giunzioni, struttura della vetrata;
c. aspetti qualitativo - prestazionali del materiale: tipologia del vetro, proprietà del vetro, valutazione prestazionale;
d. riferimento ad un progetto di studio: descrizione del progetto, descrizione del sistema tecnologico applicato;
e. approfondimento e studio della soluzione costruttiva: esecuzione del dettaglio, riferimento al sistema d'involucro edilizio, alternative tecnologiche e tipologiche (riferimento ad altri progetti).

Sezione 2 - Adeguamento in edilizia diffusa. Presenta i casi attraverso:
a. caratteri del componente (proprietà energetiche): modello energetico, studio della soluzione, descrizione del componente (funzionamento parti, presenza dei materiali);
b. caratteristiche del materiale (capacità energetiche): modello tipologico, prestazioni alternative tipologiche utilizzabili nel progetto;
c. adeguamento energetico del sistema: situazione esistente(soluzione costruttiva, comportamento prestazionale), progetto di recupero (esecuzione del sistema tecnologico, funzionamento stagionale), applicazioni del sistema (esempi tipologici e progettuali).

Sezione 3 – Impieghi del vetro riusato. Presenta i casi attraverso:
a. descrizione del progetto: individuazione e localizzazione nel sistema d'involucro, descrizione del progetto;
b. studio degli aspetti energetico-ambientali: indicatori per il calore, indicatori per la luce, indicatori per l'acqua-aria, indicatori per i materiali, indicazioni per il riciclo-energia;
c. studio degli aspetti socio-ambientali: requisiti di fruibilità, requisiti di benessere, requisiti di sicurezza, requisiti della qualità sociale;
d. aspetti tecnico-ambientali: descrizione, impiego, tecnica costruttiva, caratteristiche tecniche.

Indice dei casi studio

Il repertorio dei casi studio presenta le applicazioni in19 esempi progettuali riferiti a fonti bibliografiche di letteratura ed esperienze applicate in ambiti di ricerca.

SEZIONE 1 - Valutazione dell'efficienza per l'involucro edilizio in grandi progetti (a cura di G. Mesoraca)
n.1 Copertura vetrata inclinata (vetro stratificato) - R. Piano, *Laboratorio di ricerca e studio architettonico a Genova*, Italia
n.2 Brise soleil vetrato riflettente in facciata (vetro daylighting) - Behnish & Sabatke, *Edificio amministrativo a Stoccarda*, Germania
n.3 Parete solare ventilata schermata (vetro float) - Webler e Geissler, *Edificio amministrativo a Wurzburg*, Germania
n.4 Brise soleil mobile in copertura (vetro temprato) - Kauffmann, Theilig & Partner, *Copertura in vetro della Camera dell'Industria e del commercio a Stoccarda*, Germania
n.5 Facciata integrale ad elementi (vetro pirolitico) - Herzog & De Meuron, *Edificio Commerciale in Hermstrasse*, Munich, Germania

SEZIONE 2 - Adeguamento tecnologico per il recupero energetico nell'edilizia diffusa (a cura di R. Calabretta, F. Calzone)
n.1 Trasformazione di una *terrazza in una serra solare*
n.2 Trasformazione di un *tetto tradizionale in un sistema di lucernai a passaggio selettivo di luce*
n.3 Trasformazione di un *balcone tradizionale in una piccola serra ad alto rendimento energetico*
n.4 Completamento di un *infisso tradizionale con un infisso ad alto rendimento energetico*
n.5 Trasformazione di una parete del *corpo scala in un sistema di climatizzazione naturale*
n.6 Trasformazione di un *balcone in una veranda a controllo luminoso*
n.7 Trasformazione di uno spazio di *pertinenza in una serra solare addossata*
n.8 Trasformazione di un *cortile in una serra solare*
n.9 Trasformazione di una *terrazza in una serra solare*
n.10 Trasformazione di un *balcone coperto in una veranda a rendimento migliorato*

SEZIONE 3 - Impieghi del vetro riusato (a cura di G. Quattrone)
n.1 Chiusura verticale esterna in bottiglie di vetro sovrapposte - J.Habraken, *Casa WOBO*, Olanda
n.2 Copertura in finestrini e parabrezza d'auto usati, montati a scaglie - Rural Studio, *Mason's Bend Community center*, Alabama
n.3 Parete ventilata in teche di vetro riempiti con tagli di tronco - U.Gassner e P.Zarecky, *Casa Unifamiliare*, Germania
n.4 Chiusura verticale esterna in moduli di vetro con intercapedine riempita di oggetti di scarto - Meinhard von Gerkan, *Christ Pavillon*, Germania

Note

Premessa

(Nota 1)
Altri approfondimenti sull'involucro dal punto di vista delle capacità prestazionali ed il loro impatto sull'ambiente, sono stati condotti da C. Nava ed A. Paolella, in relazione agli atti del Seminario "involucro ed edifici a basso impatto ambientale", tenutosi in novembre 2003, alla Facoltà di Architettura di Reggio Calabria.

(Nota 2)
Sui temi attinenti l'involucro edilizio ed il sistema ambientale, A.Paolella ha condotto alcune considerazioni di approfondimento tematico, pubblicate nel Bollettino LA.M.A. n.1; DASTEC- Facoltà di Architettura di Reggio Calabria.

Individuazione degli ambiti e definizione delle sezioni di studio

(Nota 3)
L'individuazione delle tre categorie d'indagine è svolta attraverso gli approfondimenti operati in differenti ambiti di ricerca.
La sez.1, riporta alcuni risultati di ricerca afferenti alle ricerche in corso condotte da A. Paolella, C. Nava e G. Mesoraca sui temi dell'involucro edilizio per la ricerca RdB 60%- 2003 e gli studi per la ricarca di dottorato di G. Mesoraca in TdA, XVIII ciclo, all'interno della Facoltà di Architettura di Reggio Calabria.
La sez.2, riporta l'esperienza condotta all'interno delle attività didattiche da A. Paolella, C. Nava, R. Calabretta e F. Calzone, sui temi delle trasformazioni e dell'adeguamento energetico nell'edilizia diffusa, per il corso di Tecnologia del Recupero e del Ripristino Ambientale, della Facoltà di Architettura di Reggio Calabria.
La sez.3, riporta l'esperienza in corso per gli approfondimenti di ricerca condotti da A. Paolella, C. Nava e G. Quattrone, sui temi del recupero e del riuso in edilizia, con particolare riferimento alle attività post-laurea di G. Quattrone.

Fonti bibliografiche

- Balkow D, *Il vetro*, in Sobek W. (1999), "Atlante del vetro", UTET, Torino
- Campioli A., *Architetture di vetro e metallo*, in La Nuova Finestra n.3, marzo 2002, Elsevier Ed., Milano
- Daguerre M. (a cura di) (2003), *Venti architetti per venti case*, Electa ed., Milano
- Jodidio P. (a cura) (2003),*Contemporany european architects*, Taschen ed., Italia
- Morris S. (a cura) (2001), *Building Deconstruction – Master Specification*, Grater Vancouver Regional District
- Nava C., Quattrone G. (a cura) (2003), *Recupero e riuso di manufatti, componenti e materiali in edilizia*, Quaderni TRESA n.3, Falzea ed., Reggio Calabria
- Opici M.A. (a cura di) (1990), *Facciate continue – Una monografia*, Tecnomedia ed., Milano
- Oppenheimer Dean A., Hursley T. (2002), *Rural Studio: an architecure of decency*, Princeton Architectural Press, New york
- People N. (a cura di) (2003), *Piccole grandi case*, Logos ed., Singapore
- Piano R., (1997), *Giornale di Bordo*, Passigli ed., Firenze
- Raiteri R. (a cura),(1996), *Progettare la residenza: tendenze innovative*, Maggioli ed., Rimini
- RFR Engineers, *La Tecnologia della Trasparenza*, in Seminario "Le Giornate del Vetro", Venezia, 10-11 ottobre 2003
- Re E. (1997), *Trasparenza al limite*, Alinea ed., Firenze
- Sala M. (a cura di) (1994), *Tecnologie bioclimatiche in Europa*, Alinea ed., Firenze
- Schittich C. (a cura di) (2003), *Involucri edilizi in Detail*, trad.italiana a cura di R.L.Mombelli, Birkauser ed., Berlino
- Wilquin H. (2003), *Atlante dell'alluminio*, UTET, Torino
- Manuale del Vetro
- Saint Gobain (del. Italia e Grecia)
- Pilkington Optilam, 2003
- Glaverbel, a world of glass, feb-2001

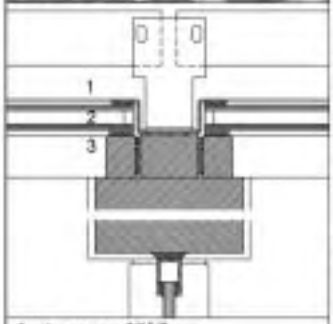
Siti Internet tematici

Avanced Glazings; http:// www.cenerg.ensmp.fr/ease/tech_main.html
Aerogel for thermal insulation; http://www.llnl.gov/lPandC/op96/07/7d-aer.html
Asahi Glass Company; http:// www.agc.co.jp/index_e.html
Daylight UK homepage; http://www.daylight.uk.com
Du Pont Homepage; http://www.dupeont.it
Flabeg GMBH Homepage; http://www.flabeg.com
Holograpic Materials; http:// www.holographic-materials.de
Saint Gobain Homepage; http:// www.saint-gobain.com
Schottglass Homepage; http://www.schottglass.com
Schuco Homepage; http://www.schuco.com
Sistemi solari; http://www.sistemisolari.it/index.html
TWD (Trasparent Thermal Insulation); http://www.energytech.at/

Caratteri del sistema - *Copertura vetrata inclinata* -Lucernaio-

Modello tipologico:
intercapedine - pluristrato - trasparente





1 vetro camera 6/15/6 mm
2 intercapedine d'aria
3 vetro stratificato di sicurezza

Si parla di vetrata orizzontale, quando l'inclinazione delle superfici a vetro è talmente minima che non è più possibile impiegare una struttura con fermavetri a scatto a causa del necessario scarico dell'acqua e la pulizia data dallo scorrimento dell'acqua piovana è limitato. Lastre totalmente orizzontali vengono realizzate solo in casi eccezionali per via del pericolo di corrosione delle lastre dovuto all'acqua stagnante. Si dovrebbe prevedere perlomeno un' inclinazione di almeno 1-2°, in modo che l'acqua possa scorrere in maniera controllata. Tuttavia, anche con un dislivello simile, sulle lastre resta lo sporco. Nelle vetrate isolanti, con un'inclinazione inferiore ai 10° non è più garantito lo scarico dell'acqua dalle scalanature. La superficie di un vetro non può avere in nessun punto barriere allo scorrimento dell'acqua. Le liste di copertura perpendicolari alla direzione di scorrimento dovrebbero essere applatite a monte in modo che l'angolo risultante non consenta la formazione di alcun ristagno nella zona superiore (orizzontale o inclinato a valle). La luce diretta, che entra attraverso la superficie trasparente riscalda il pavimento sul quale incide e comporta un guadagno diretto di calore, mentre quella che incide su muri termicamente ben coibentati non genera calore all'interno degli ambienti. La disposizione e la dimensione della vetrata in copertura sono perciò fattori importanti che devono essere ben studiati.

Riferimenti normativi
UNI 7697 - criteri di scelta dei vetri da impiegare per garantire la sicurezza
UNI EN 12543-1,2,3,4,5,6 caratteristiche prestazionali del vetro stratificato
UNI 7357 - calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici

Modello energetico di riferimento

Schema funzionale	Principio	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
	Copertura piana inclinata-lucernaio	-i lucernai sono finestre poste in copertura, possono coprire l'intera superficie disponibile (coincidendo con l'intera copertura -caso studio esaminato-) oppure coprire una porzione limitata di superficie. Un problema cardine è la pulizia dell'elemento, (prevedere interventi ciclici manutentivi)	-illuminazione controllata -aumento della temperatura negli ambienti sottostanti (effetto serra) -favorire l'irraggiamento invernale (per contenere la temperatura è necessario prevedere, in fase di progetto,una corretta ventilazione)	-sono necessari degli elementi di protezione (brise-soleil) schermanti per evitare il surriscaldamento degli ambienti sottostanti -schermare l'elevato l'irraggiamento estivo-

Caratteri del componente - *particolari strutturali*

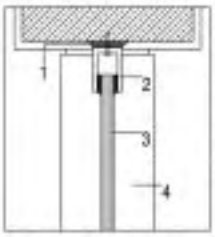
Elementi portanti di vetro: Piastre nervate e puntellate



I vantaggi di questa modalità costruttiva:
-grandi luce
-montaggio additivo
-sezione isolante a guaci

Per ottenere larghe facciate di vetro senza speciali giunti; il loro irrigidimento avviene grazie a sottili nervature di vetro poste sui due lati, in questo modo si possono ottenere luci maggiori (ovviamente limitate dai formati di lastre disponibili) o strutture più efficaci con la combinazione di una piastra piatta con nervature e puntelli. Le nervature consentono di aumentare l'altezza di fabbrica e, dato che le tensioni nella piastra vengono influenzate dal reciproco del quadrato dell'altezza e le deformazioni dal reciproco della terza potenza dell'altezza, si ha una drastica riduzione delle tensioni e delle deformazioni dell'elemento. La correlazione tra nervatura e piastra è fondamentale per il comportamento sotto carico. Solo la trasmissione continua delle forze nel giunto produce la portata integrale di una piastra nervata.

Giunzioni: Guarnizione con adesivo



Legenda:
1- giunzioni con adesivo
2- profilo di alluminio
3- vetro di sicurezza stratificato 10 mm
4- piastra di vetro nervata

Guarnizione adesiva con stucco elastico (silicone), il movimento è garantito dalla compressione o dalla dilatazione del materiale.

Con l'incollaggio e una totale aderenza si possono eseguire correlazioni di tenuta senza applicare pressioni esterne. La correlazione si basa sull'adesione e funziona pertanto anche sotto sollecitazione a trazione. L'incollaggio può essere utilizzato anche per la trasmissione di forze. E' possibile regolare a piacere la flessibilità della correlazione, scegliendo l'elasticità dell'adesivo e la larghezza del giunto.

Struttura della vetrata: questioni particolari sulla portata residua



Schema dei risultati relativi alla rappresentazione degli scenari di cedimento e delle probabilità in caso di vetrate di copertura.

Aspetti qualitativo prestazionali del vetro impiegato - *Vetro STRATIFICATO*

Proprietà	Requisito	Attributi di prestazione	Capacità di prestazione
Tecnologiche	compattezza lavorabilità giunzionabilità manutenzione	Lastre costituite da un foglio di vetro e da uno o più fogli di vetro e/o plastica uniti mediante uno o più intercalari che fungono da adesivo	Aumento: sicurezza, qualità sociale, qualità ambientale, gestione e manutenzione dell'intero sistema
Tecniche	comportamento acustico comportamento al fuoco omogeneità ed isotropia resistenza al gelo	Il vetro stratificato ha un'efficacia in termini di potere fonoisolante assai superiore a quella di un vetro monolitico e anche di un vetrocamera di pari spessore di vetro	Aumento: benessere acustico, l'elevato isolamento acustico deriva dall'attenuazione dei fenomeni di coincidenza e di risonanza (ottimizzazione giunti)
Ecologiche	tossicità respirabilità radioattività igiene ambientale emissioni di polveri	Il vetro usato per la realizzazione di questa copertura è un vetro autopulente, la superficie è trattata con sostanze che lo rendono resistente agli agenti esterni	Facilità nella fase di manutenzione dell'elemento esaminato, diminuzione di VOC (Composti Organici Volatili)
Energetiche	effetti sul clima riscaldamento passivo illuminazione naturale	Assolvimento energetico: questa caratteristica è specifica per ogni tipo di vetro e il valore prestazionale è fornito dal produttore	Aumento del benessere: comfort visivo e della qualità aria interna: benessere fisico

Caso studio n°1: *Punta Nave, laboratorio di ricerca (UNESCO) e studio architettonico a Genova, Italia*

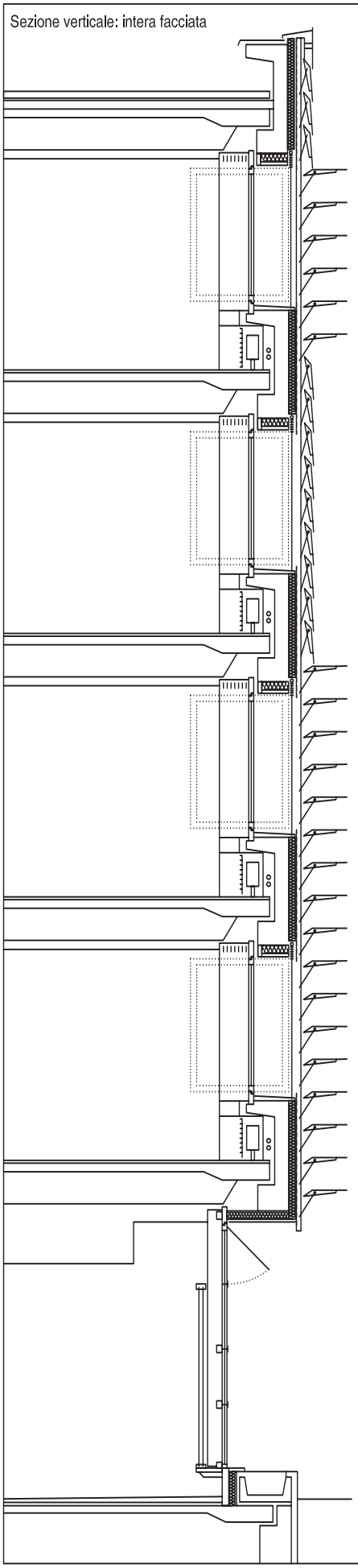
Progettista: Renzo Piano Building Workshop, Genova
Consulente strutture: P. Costa, Genova
Anno di realizzazione: 1989-1991
Committente: Renzo Piano

Riferimenti bibliografici:
Piano R. (1997), *Giornale di bordo*, Passigli Editori, Firenze.
Sala M. (a cura di) (1994), *Tecnologie bioclimatiche in Europa*, Alinea, Firenze.
Sala M., Cecchetini Nelli M. (1993), *Tecnologie solari*, Alinea, Firenze.
Schittich C. (a cura di) (2003), *Involucri edilizi in Detail, trad. italiana a cura di R.L.Mormile*, Birkhauser ed., Berlino.
Schittich C., Staib G., Ballow B., Schuler M., Sobek W. (1999), *Atlante del vetro*, UTET, Torino.
Wilquin H. (2003), *Atlante dell'alluminio*, UTET, Torino.
Siti internet:
www.detail.it

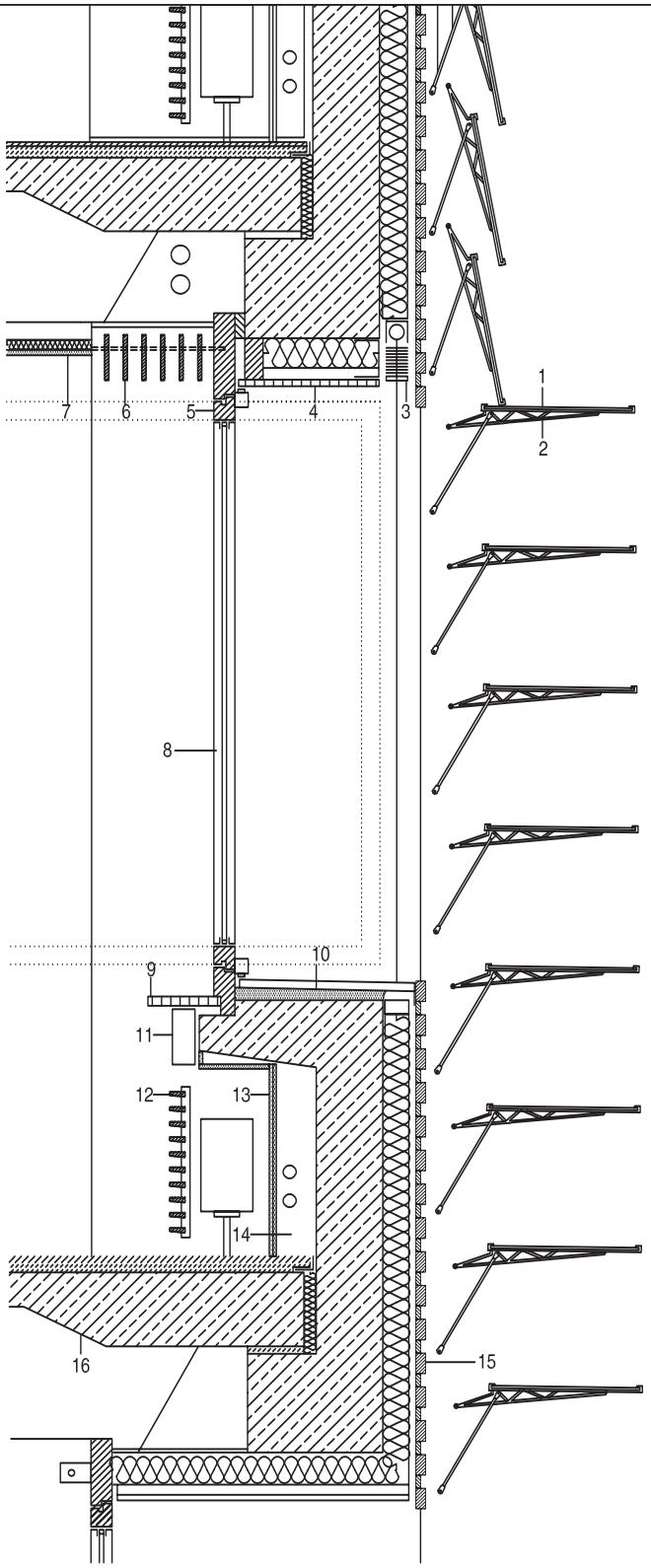


Oltre allo studio del Renzo Piano Building Workshop, questo edificio posto su un pendio ripido e terrazzato sul golfo di Genova ospita un laboratorio finanziato dall'Unesco per la ricerca dei principi strutturali dei materiali naturali. Sotto una grande copertura di vetro, con la struttura portante in legno lamellare, che corre parallelamente al pendio, si trova un unico spazio (sembra una grande serra), il cui pavimento è terrazzato in corrispondenza delle terrazze. L'accesso all'edificio è estremamente scenografico: si arriva con un ascensore obliquo completamente di vetro che, durante il viaggio, permette una splendida visione del mare. All'interno è ancora possibile osservare paesaggio e cielo grazie alla copertura e alle pareti di vetro. Struttura e materiali dell'edificio sono ridotti al minimo in modo eccellente e coniugano tradizione locale - il linguaggio formale si riferisce alle serre della regione - e la tecnica più moderna. La copertura viene sorretta da travi di legno lamellare, che poggiano su pilastri di acciaio. Le singole lastre di vetro sono incollate su telai di legno, e giuntate con silicone. In caso di forte radiazione solare la protezione solare a lamelle comandata dalle celle solari viene automaticamente chiusa. Le travi di legno sono dimensionate in modo da non dover calcolare alcune inflessione. Per questo motivo è possibile correlare le facciate di vetro senza speciali giunti. Il loro irrigidimento avviene grazie a sottili nervature di vetro poste sui due lati. L'edificio non contiene solo le strutture di ricerca, ma viene concepito come progetto di ricerca esso stesso. Si sono così effettuati esperimenti con la struttura della vetrata della copertura e con il clima ambiente.

Sezione verticale: intera facciata

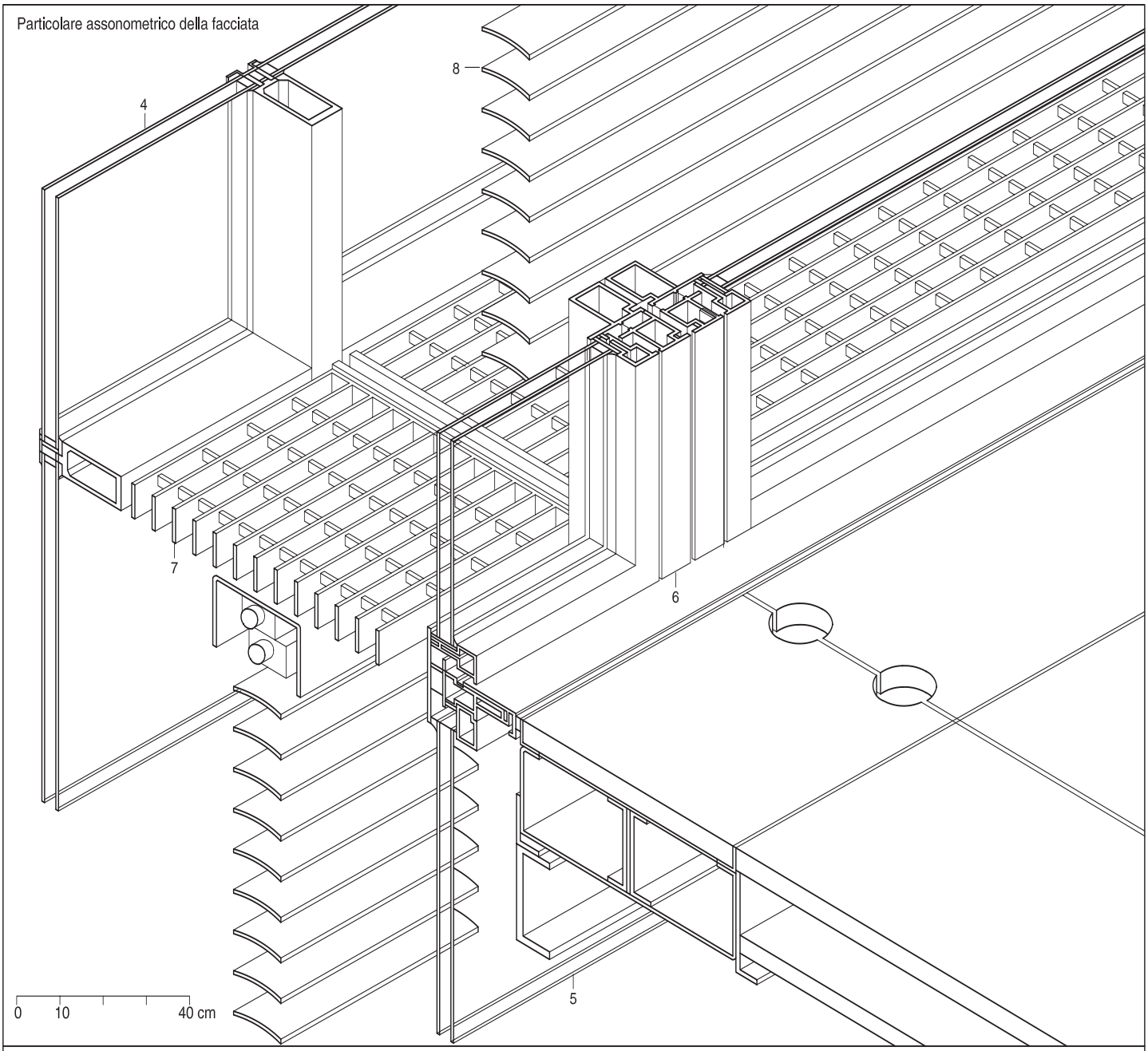


Legenda:
1- vetro daylighting 6 mm
2- fermo a grappa sulla struttura inferiore
3- persiana di alluminio
4- tamponamento di legno
5- battente di legno
6- lamelle di alluminio 10/140 mm
7- soffitto di cartongesso appeso
8- compartimentazione di vetro di sicurezza monolitico 14 mm
9- latre di legno compensato impiallacciato 200 mm
10- davanzale di lamiera di alluminio
11- canale del parapetto rivestito
12- griglia di legno
13- rivestimento in cartongesso
14- canale delle installazioni
15- rivestimento di legno 20/60 mm sulla struttura inferiore, ventilazione 30 mm, isolamento a poro chiuso 80 mm, parapetto in elementi prefabbricati di calcestruzzo
16- soffitto in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato

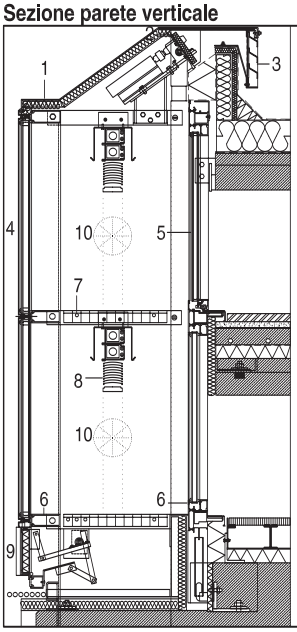


Soluzioni tecnologiche alternative: brise-s

Particolare assonometrico della facciata

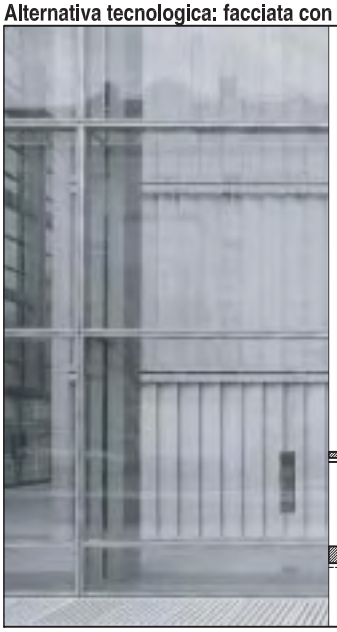


Sezione parete verticale

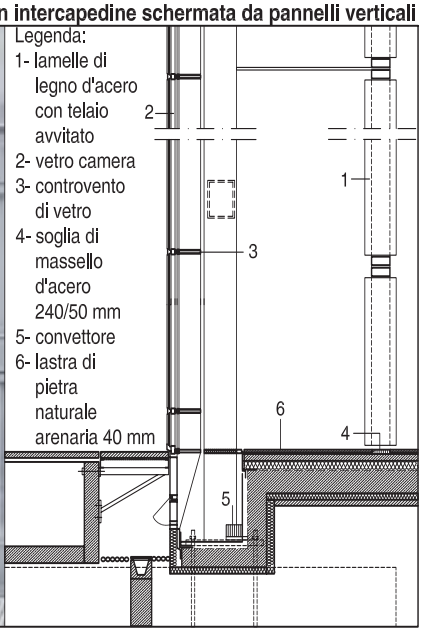


Legenda:
1- lamiera di alluminio con rivetimento antirimbombo
2- ribalta superiore di ventilazione con guarnizioni laterali a coda di rondine
3- lamelle di ventilazione in alluminio con zanzariera
4- vetro esterno: vetro di sicurezza monolitico 8 mm (esterno) intercapedine 22 mm con riempimento di gas nobile vetro float 6 mm, rivestito low-e
5- vetro interno: vetro di sicurezza monolitico 6 mm (esterno) intercapedine 16 mm con riempimento di gas nobile vetro float 6 mm, rivestito low-e
6- telaio in alluminio, a taglio termico
7- griglia di alluminio
8- veneziana di lamelle di metallo leggero perforate
9- ribalta inferiore di ventilazione
10- ventilatore

Alternativa tecnologica: facciata con intercapedine schermata da pannelli verticali



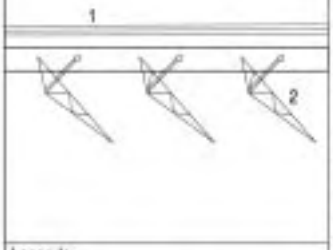
Legenda:
1- lamelle di legno d'acero con telaio avvitato
2- vetro camera
3- controvento di vetro
4- soglia di massello d'acero 240/50 mm
5- convettore
6- lastra di pietra naturale arenaria 40 mm



Caratteri del sistema - *Brise-soleil mobili in copertura*

Modello tipologico:
intercapedine - multistrato interno - trasparente



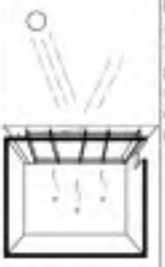


Legenda:
1 vetro stratificato + intercapedine + vetro float
2 vetro temprato

Le coperture trasparenti, che sfruttano in parte l'illuminazione naturale e garantiscono un'adeguata protezione agli agenti atmosferici, sono impiegate non solo negli edifici destinati al terziario, ma anche nelle abitazioni private. Nelle vetrate verticali la lastra poggia nel telaio su tasselli portanti che trasmettono al telaio il peso proprio e i carichi di esercizio. Se la lastra poggia obliquamente sul telaio, il peso del vetro e il carico d'esercizio prodotto dal vento e dalla neve vengono scaricati attraverso la zona dello spigolo sul profilo laterale del telaio, e da lì sull'ossatura statica. Oggi è possibile reperire sistemi costruttivi specifici per realizzare facciate inclinate, skylight e lucernari che, utilizzando vetrate sempre più sofisticate da punto di vista tecnologico, possono rispondere a molte esigenze costruttive. E ciò non è cosa da poco dal momento che, nel controllo delle condizioni climatiche degli ambienti confinati, la copertura gioca un ruolo importante. Si può prevedere di schermare la copertura con brise-soleil anch'essi vetrati. Una protezione solare esterna efficace impedisce che una quantità eccessiva di energia solare giunga all'interno attraverso la lastra. Gli elementi schermanti di copertura devono essere resistenti al vento, alla neve e all'umidità. Devono inoltre essere costantemente puliti e non dovrebbero esser montati su fermavetro. La struttura di fissaggio della protezione solare esterna deve essere correlata alla struttura propria di copertura in modo che non si creino ponti termici verso l'interno.

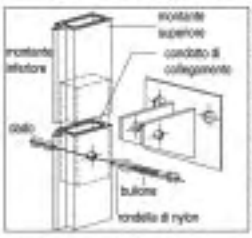
Riferimenti normativi
UNI 6546 Prodotti di vibre di vetro per isolamento termico ed acustico.
Determinazione della resistenza a flessione

Modello energetico di riferimento

Schema funzionale	Principio	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
	Elementi schermanti in vetro/vetro posizionati sulla copertura (brise-soleil mobili)	-pannelli a vetri temprati accoppiati, ruotanti attorno ad un asse orizzontale (comandati da servomotori dipendenti da sensori). Le lame di vetro si adattano alle varie inclinazioni dei raggi solari	-schermatura dei raggi solari, aumento e diminuzione dell'apporto energetico solare radiativo all'interno dell'ambiente confinato -un dispositivo esterno mobile per la protezione solare consente di gestire la trasparenza secondo le necessità individuali	-necessaria manutenzione ordinaria -elevato dispendio energetico per il funzionamento del sistema -devono essere impiegati solo vetri di sicurezza rivestiti a bassa trasmissione (low-e)

Caratteri del componente - *particolari strutturali*

Accoppiamenti meccanici: *Aderenza*



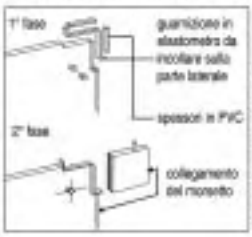
Le forze possono essere trasmesse anche facendo aderire i due elementi di vetro. L'aderenza avviene attraverso:
-saldatura (vetro su vetro), per esempio unione al perimetro di vetrate isolanti,
-brasatura, per esempio metallo su vetro,
-sigillatura, per esempio con i collanti "elastici" utilizzati per i vetri stratificati di sicurezza, le vetrate isolanti e le facciate continue strutturali o gli adesivi quasi rigidi come le colle acriliche che si induriscono con l'azione dei raggi ultravioletti o sono sensibili all'acqua, o il vetro cemento. Le forze possono essere trasmesse perpendicolarmente o parallelamente alla superficie di collegamento a seconda dei meccanismi di adesione o coesione.

Giunzioni: *Sigillanti*



Mentre la perdita di adesività del sigillante in una facciata convenzionale porta per lo più a un'infiltrazione d'acqua, la perdita di adesività del sigillante in un elemento schermante vetrato con struttura d'acciaio potrebbe, causare la caduta della lastra. La funzione del sigillante strutturale è di trasferire i carichi dinamici di pressione/depressione dal vetro al telaio di supporto. Per quanto riguarda le capacità di movimento, un sigillante a modulo elevato può riprendere un movimento di ±12,5% mentre un sigillante a modulo medio può accettare movimenti di ± 25%. L'aderenza dei sigillanti al substrato viene provata in laboratorio prima di ogni progetto.

Struttura della vetrata: *Posa laterale per punti*



Il sistema di profilo portante e fermavetro di pressione avvitato può essere unito a un perimetro libero e alterato in modo che in casi estremi la lastra di vetro venga ancora tenuta per punti ai bordi.

In questo modo si ha una posa in opera per punti ai bordi con sottili mensole d'imposta per i tasselli, in modo da assorbire le sollecitazioni In-Plane (a livello della lastra) e un piattino di fissaggio per le sollecitazioni Out-of-Plane (perpendicolari al piano di lastra). Sui bordi non si ha più alcuna trasmissione di forze, in questo caso si devono compiere solo le funzioni di tenuta.

Aspetti qualitativo prestazionali del vetro impiegato - *Vetro TEMPRATO*

Proprietà	Requisito	Attributi di prestazione	Capacità di prestazione
Meccaniche	resisteruza meccanica energia di deformazione resisteruza specifica modulo di taglio modulo specifico	Il riscaldamento o il raffreddamento parziale di un elemento determina in questa delle sollecitazioni che possono provocare rotture (per ovviare al problema si indurisce il vetro - vetro indurito-). Nel caso di vetro soggetto a tempra chimica si possono raggiungere tensioni di compressione superficiali fino a 300 N/mmq, ma solo in uno strato superficiale molto sottile, che viene facilmente penetrato dai graffi.	Aumento sicurezza: protezione dal rischio di ferite in caso di urti accidentali. La tempra genera un aumento di pressione sulle crepe e sui danni superficiali. La rigidità (alla trazione) utilizzabile dell'elemento di vetro viene così aumentata della quantità di tempra superficiale.
Energetiche	riciclabilità riscaldamento passivo illuminazione naturale	Gli elementi schermanti agiscono da filtro tra spazio interno e esterno regolando i flussi energetici e luminosi	Aumento del benessere: comfort visivo e della qualità sociale: benessere fisico

Caso studio n°4: *Copertura in vetro della Camera dell'industria e del commercio a Stoccarda, Germania*

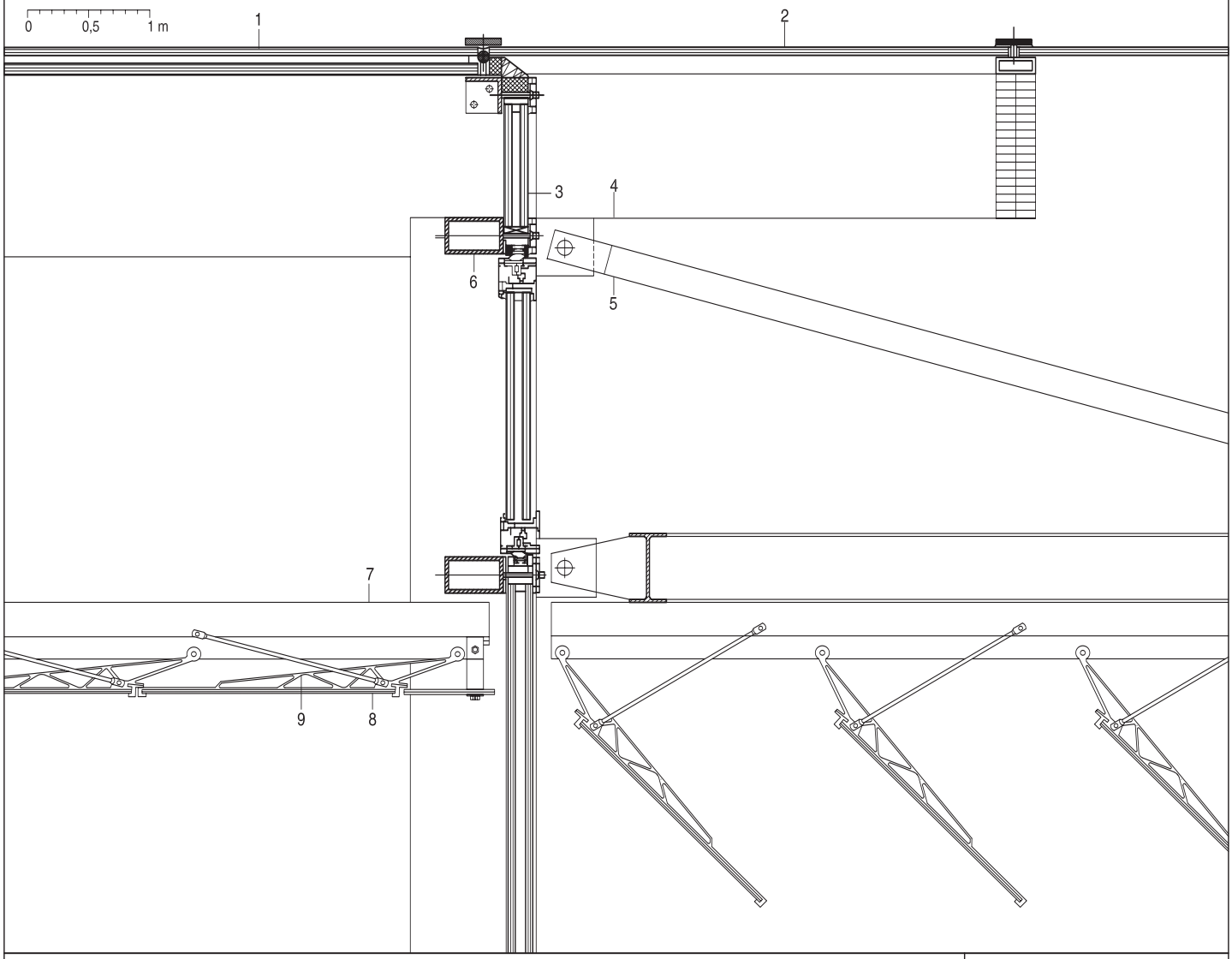
Progettista: Arch. Kauffmann, Theilig & Partner
Stoccarda, Gerhard Feuerstein
Collaboratori: Tanja Kaumpusch
Progettazione energetica: Transsolar, Stoccarda;
Matthias Schuler, Volkmar Bleicher
Anno di realizzazione: 1996

Riferimenti bibliografici:
Re E. (1997), *Trasparenze ai limiti*, Alinea, Firenze.
Sala M., Ceccherini Nelli M. (1993), *Tecnologie solari*, Alinea, Firenze.
Schittich C. (a cura di) (2003), *Involucri edilizi In Detail*, trad. italiana a cura di R.L.Mombelli, Birkhauser ed., Berlino
Schittich C., Staib G., Balkow B., Schuler M., Sobek W. (1999), *Atlante del vetro*, UTET, Torino
Wilquin H. (2003), *Atlante dell'alluminio*, UTET, Torino.
Siti internet:
www.detail.it

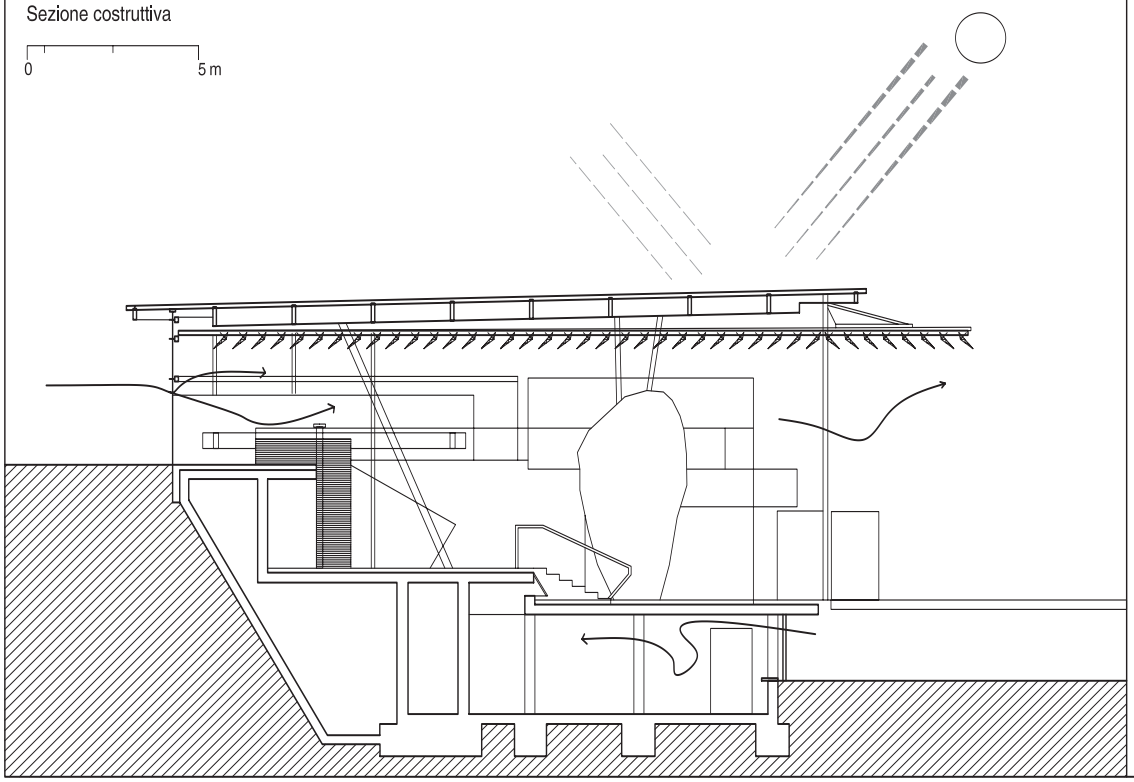


La struttura primaria della copertura a doppio guscio è formata da una griglia ortogonale di travi a [illegible] di luce a passo costante, con elementi delle stesse dimensioni, lo strato esterno è vetro ad alta prestazione [illegible] vetro a trasparenza [illegible] % sono pannelli chiusi o elementi fotovoltaici. Sul lato interno [illegible] e oggetti di [illegible] per accentuare l'ingresso. Gli elementi mobili servono a [illegible] per adeguare la copertura alle diverse stagioni dell'anno e delle situazioni climatiche [illegible] con le lamelle chiuse si forma un cuscinetto d'aria che migliora il [illegible] nelle stagioni intermedie le lamelle sono aperte e l'energia solare viene [illegible] per [illegible] sono posizionate con una leggera inclinazione. Ventilatori ad energia solare possono insufflare l'aria calda sulla copertura [illegible] nel canale di ventilazione protetto, che è integrato nella sezione del terreno sottostante. Nelle [illegible] aperto, affinché lo spazio possa essere più facilmente ventilato e possa quindi fuoriuscire il calore. I pavimenti di pietra [illegible] di vetro di accumulo. Un sistema di riscaldamento a pavimento, integrato da convettori sottopavimento, consentono di [illegible] di comfort. Grazie all'impiego di vetri di alta qualità, non sono necessari tubi o altri corpi scaldanti sulla facciata [illegible] esterno, avviene con l'afflusso di aria attraverso i cunicoli di ventilazione [illegible] la cui lunghezza è stata dimensionata in modo che [illegible] una temperatura interna nelle zone di soggiorno del salone inferiore a 25° anche in caso di alta estate.

Sezione verticale



Sezione costruttiva



Legenda:

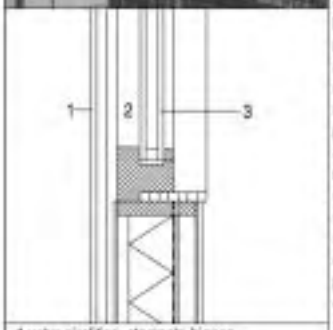
1- vetro camera 36 mm stampato, inclinazione 2%, lastra inferiore vetro stratificato di sicurezza (temprato)
2- vetro stratificato di sicurezza 16 mm
3- vetrocamera 36 mm
4- griglia di legno lamellare
5- tubo di acciaio 50 mm
6- montante di facciata fermavetro a scatto di alluminio
7- guida per lamelle di vetro in alluminio
8- lamelle di vetro stratificato di sicurezza di 2 lastre di vetro indurito x 4 mm, stampate al 60 %
9- trave di alluminio

Caratteri del sistema - *Facciata integrale a elementi*

Modello tipologico:

intercapedine - multistrato interno - trasparente





1 vetro pirolitico, stampato bianco
2 intercapedine d'aria
3 vetro camera

Esistono diversi tipi di facciate:
-facciata integrale: parete qualunque, di qualunque materiale, non progettata per sostenere carichi verticali e collocata all'esterno delle solette di piano; si tratta, insomma, di una parete non portante.
-facciata integrale metallica (nota anche come curtain wall): è una facciata integrale realizzata interamente o principalmente di metallo.
I tipi di curtain wall sono i seguenti:
-facciate integrali a montanti e traverse;
-facciate integrali a elementi;
-facciate integrali a montanti ed elementi;
-facciate a pannelli.
Ai quattro sistemi citati si aggiunge il sistema a copertura di pilastri e tamponamenti, che è uno sviluppo relativamente recente rispetto agli altri quattro. Questo sistema prevede il rivestimento delle colonne portanti e, successivamente, l'inserimento di lunghi elementi di parapetto tra il rivestimento e le colonne; nella fase finale viene collocata la vetrazione. Rispetto ai primi quattro, questo sistema permette di realizzare un disegno di facciata in cui è riconoscibile la struttura portante dell'edificio. Le varie componenti che agiscono su una facciata continua sono: radiazione solare, temperatura, acqua, vento, gravità, rumori. Questi componenti possono agire separatamente su una parete, ma più spesso avviene che agiscano contemporaneamente; occorre quindi conoscere il loro impatto sulla progettazione e gli effetti che ne derivano. Gli elementi che costituiscono una parete integrale sono dotati di giunti che consentono movimenti orizzontali; essi sono localizzati in corrispondenza dell'interasse dei montanti e il loro passo minimo è quello dell'interasse stesso.

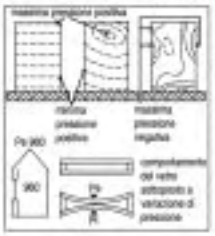
Caratteri del componente - *particolari strutturali*

Accoppiamenti meccanici: *Ancoraggi*



Gli ancoraggi sono punti critici della facciata integrale. Gli attacchi, infatti, devono:
-sostenere il peso dell'elemento in modo e, contemporaneamente, adattarsi alle tolleranze ammesse nella fabbricazione e nella posa degli elementi che devono unire; inoltre devono poter essere regolabili nelle tre direzioni;
-permettere il movimento dei singoli elementi, sotto l'effetto delle dilatazioni termiche e degli elementi adiacenti;
-essere in grado di trasmettere e sostenere le reazioni della facciata alla struttura dell'edificio e viceversa;
-conservare la loro funzionalità nel tempo (ad esemp. non devono corrodersi);
-permettere un facile montaggio e smontaggio delle parti.

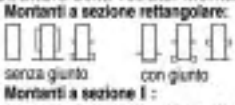
Pressione del vento sulle facciate



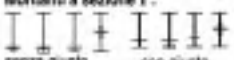
Per le facciate, è molto importante distinguere la pressione del vento statica dalle sovrappressioni di picco di breve durata: queste sovrappressioni (durata da 1 a 2 secondi) raggiungono valori molto superiori alla pressione media normale. Nel calcolo del progetto bisogna basarsi sul differenziale tra pressione esterna ed interna dell'edificio: infatti, all'interno dell' edificio la pressione è variabile - sia nel tempo che dal basso verso l'alto - a causa della permeabilità dell'esterno, dell'effetto fumaiolo, e della sovrapressione dell'impianto dell'aria condizionata e di ventilazione. Particolare attenzione va posta alle pressioni negative e precisamente alle pressioni di aspirazione.

Struttura della vetrata: *Montanti e Traversi*

Montanti a sezione rettangolare:



Montanti a sezione I :



Montanti a sezione a T :

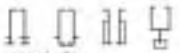


I montanti hanno la funzione di conferire rigidità alla facciata integrale. Hanno di solito dimensione maggiore dello spessore dei pannelli e perciò sporgono verso l'esterno o verso l'interno della facciata.

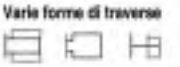
Molto spesso i progettisti richiedono traverse molto sottili, cosa non sempre facile da realizzare

Traverse a sezione U





Varie forme di traverse



Modello energetico di riferimento

Schema funzionale	Principio	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
	Facciata continua con giunto in corrispondenza della soletta (integrale ad elementi)	-dal punto di vista statico, è sempre buona regola appendere gli elementi alle strutture murarie, anzichè appoggiarli. Così facendo, i montanti sono sollecitati solamente da sforzi di trazione e flessione.	-Diminuzione della trasmissione acustica da un piano all'altro, a causa del giunto. Se si monta per linee orizzontali si può chiudere facilmente un intero piano.	-Il montaggio è difficoltoso per il mantenimento dell'elemento in fase di montaggio. I pannelli parapetto sono divisi a metà. L'ancoraggio deve poter assorbire notevoli spostamenti orizzontali, quando gli elementi adiacenti hanno spostamenti in direzione diversa l'uno dall'altro.

Aspetti qualitativo prestazionali del vetro impiegato - *Vetro PIROLITICO*

Proprietà	Requisito	Attributi di prestazione	Capacità di prestazione
Tecnologiche	competenza lavorabilità giuntabilità manutenzione	La superficie è trattata con sostanze che lo rendono resistente agli agenti esterni. Uso del vetro con altri materiali	Aumento: sicurezza (componente facilmente integrabile: buona compatibilità con qualunque tipo di sistema)
Ecologiche	tossicità respirabilità radioattività igiene ambientale	Vetri pirolitici, sono vetri basso emissivi che possiedono un deposito trasparente (coating) di metallo applicato per pirolisi	Aumento del benessere: elevata qualità dell'aria interna (assenza di VOC)
Energetiche	effetti sul clima riscaldamento passivo illuminazione naturale ventilazione naturale riciclabilità smaltibilità consumo energia primaria	Questo vetro consente di limitare l'apporto luminoso ed energetico della radiazione solare, grazie all'azione riflettente del coating. Vetri per l'isolamento termico, il cui coating neutro consente di riflettere verso l'ambiente interno circa il 96% del calore normalmente disperso dalla vetrata per irraggiamento	Aumento del benessere: comfort termico (vetrate ad alto potere termoisolante) Aumento del risparmio energetico: riduzione dei costi di climatizzazione -garantiscono un miglior comfort abitativo ed un minor impatto sull'ambiente

Caso studio n°5: *Edificio commerciale in Hermstrasse, Munich, Germania*

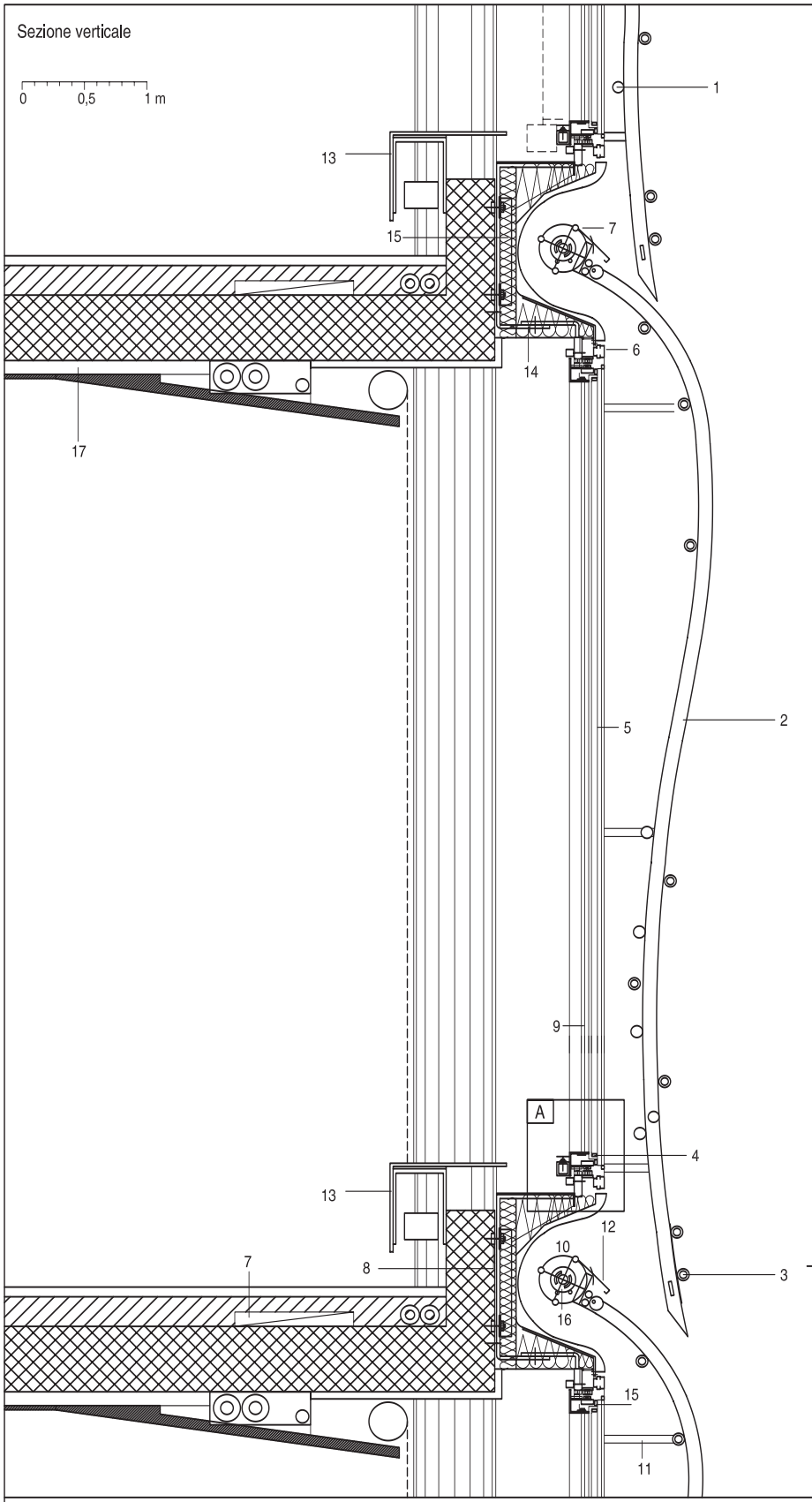
Progettista: Arch.ti Herzog & de Meuron
Committente: Privato
Anno di realizzazione: 1996-2000

Riferimenti bibliografici:
Opici M.A. (a cura di) (1990), *Facciate continue, una monografia*, Tecnomedia, Milano.
Re E. (1997), *Trasparenze al limite*, Alinea, Firenze.
Sala M. (a cura di) (1994), *Tecnologie bioclimatiche in Europa*, Alinea, Firenze.
Sala M., Ceccherini Nelli M. (1993), *Tecnologie solari*, Alinea, Firenze.
Schittich C. (a cura di) (2003), *Involucri edilizi in Detail*, trad. italiana a cura di R.L.Mompel\, Birkhauser ed., Berlino
Schittich C., Staib G., Balkow B., Schuler M., Sobek W. (1999), *Atlante del vetro*, UTET, Torino
Wilquin H. (2003), *Atlante dell'alluminio*, UTET, Torino.
Siti internet:
www.detail.it

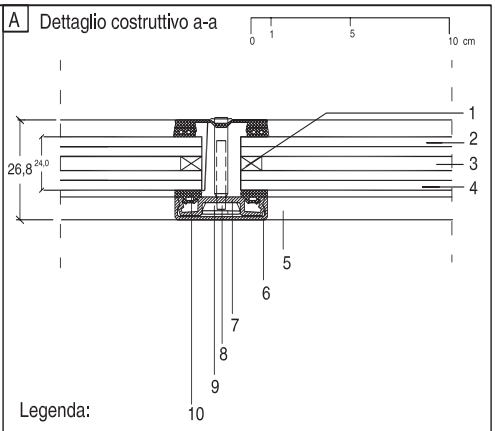


Quest'edificio commerciale, è situato nel sud di Hermstrasse, Germania, una regione agricola che si estende a circa duecento chilometri a sud-est di Monaco, dal clima quasi continentale - freddo durante l'inverno e la notte, ma molto caldo d'estate. L'architetto ha impiantato la struttura lontano dalla strada per proteggerlo dall'inquinamento dovuto al passaggio di veicoli e per aumentare l'apporto energetico della radiazione solare proveniente dalla facciata esposta completamente a sud, questa è stata concepita come una finestra solare (spazio serra senza elemento di accumulo), l'elemento caratterizzante è la rispettiva soluzione tecnologica dell'elemento di protezione, costituita da un elemento scorrevole tallone in stoffa traslucido. La sezione costruttiva presenta uno strato esterno vetrato , gli elementi che costituiscono questa parete integrale sono dotati di giunti che consentono movimenti orizzontali, sono localizzati in corrispondenza dell'interasse dei montanti e il loro passo è quello dell'interasse. Per fissare la facciata al solaio si è adottata la soluzione di ancorare il sistema con guide doppie; l'interruzione del ponte termico tra le parti metalliche interne ed esterne della facciata è ottenuta mediante listelli distanziatori continui in materiale sintetico con inserto continuo in alluminio, interposti tra i profilati di struttura e il pressore del vetro. La ventilazione e il drenaggio di eventuali acque d'infiltrazione e di condensa sono gestite indipendentemente per ogni singolo modulo.

Sezione verticale

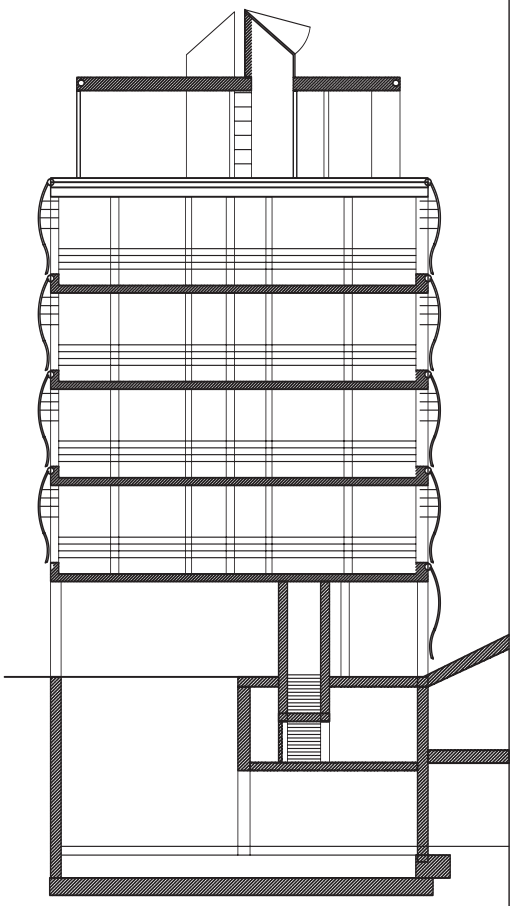


A Dettaglio costruttivo a-a



Legenda:

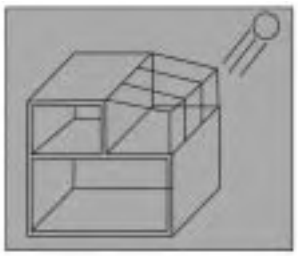
1- sistema di bloccaggio ad alette - distanziatore
2- vetro antisfondamento (4-1-4)
3- camera d'aria (6)
4- vetro antisfondamento (4-1-4)
5- telaio orizzontale in acciaio
6- copertina di rivestimento in alluminio
7- profilo in alluminio
8- vite di fissaggio - montante
9- dado in acciaio
10- guarnizione in elastomero



Sezione costruttiva

Legenda:

1- guida interna in alluminio per lo scorrimento del'elemento schermante
2- telone di stoffa traslucido
3- guida esterna in alluminio per lo scorrimento del'elemento schermante
4- sistema di bloccaggio ad alette - distanziatore
5- vetro camera (5 - 12 -5)
6- traverso
7- camera d'aria
8- telaio fisso in acciaio annegato nel cordolo in calcestruzzo
9- vetro antisfondamento (4-1-4)
10- dado in acciaio
11- telaio orizzontale in acciaio
12- copertina di rivestimento in alluminio
13- profilo in alluminio
14- vite di fissaggio - montante
15- pannello isolante in sughero (5 cm)
16- motorino elettrico per il raccoglimento del telone di oscuramento
17- controsoffitto in legno mineralizzato



Tipologia dell'intervento: serra addossata

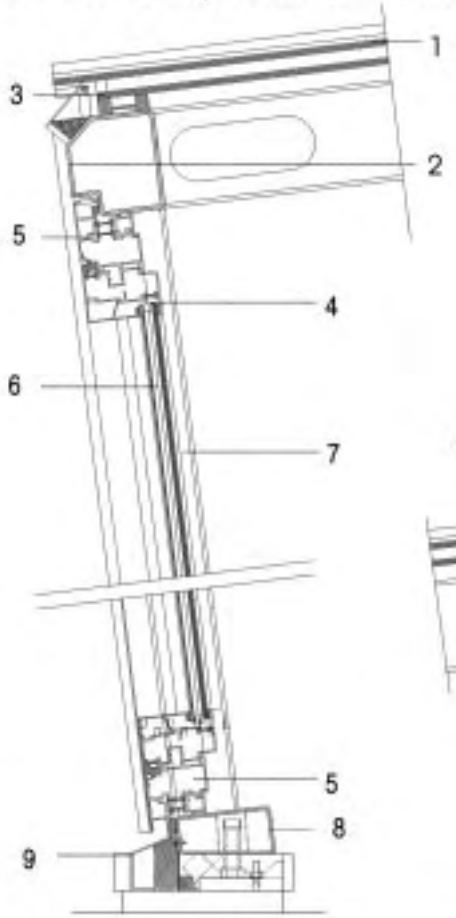
Funzionamento energetico

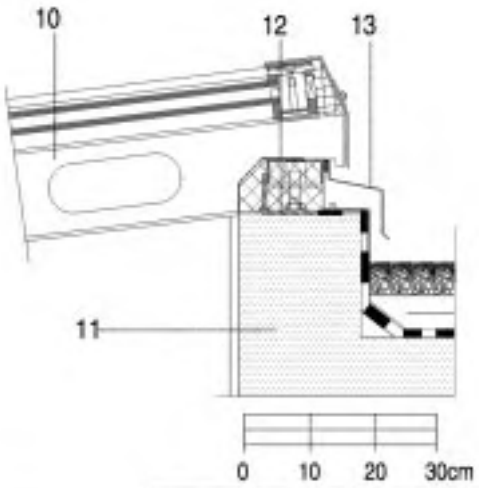
Il sistema è costituito da uno "spazio tampone" tra le pareti dell' edificio e la terrazza, situata al quarto piano, realizzato attraverso l' utilizzo di superfici trasparenti: le serre. Queste fanno si che il calore accumulato dalle pareti perimetrali durante il giorno, venga rilasciato durante la notte. Nella parte superiore della serra vengono installati pannelli solari per la produzione di acqua calda.

Legenda

1. Lastra in vetro stratificato
2. Profilo saldato in acciaio
3. Lastra di vetro isolante
4. Telaio mobile del serramento
5. Telaio fisso del serramento in alluminio
6. Vetrocamera
7. Profilo in acciaio
8. Profilo in acciaio di supporto al telaio della facciata strutturale
9. Davanzale in lamiera di alluminio
10. Profilo in acciaio
11. Cordolo in c.a.
12. Intercapedine tra le lastre in vetro
13. Profilo in acciaio

Il vetro e il componente edilizio:CASO STUDIO1





Dati dimensionali

Dimensione moduli:..... 60x100cm
Struttura in alluminio:.....6x5cm
Dimensioni frangisole:.....1,5x12cm
Dimensioni serra:.....35mc

Contributo del vetro nel componente

0 100%

Contributi del vetro alla risposta prestazionale del componente

Luminosità.....medio
Contributo climatico.....alto
Isolamento acustico.....basso

Vetrata isolante 6(12)44.2

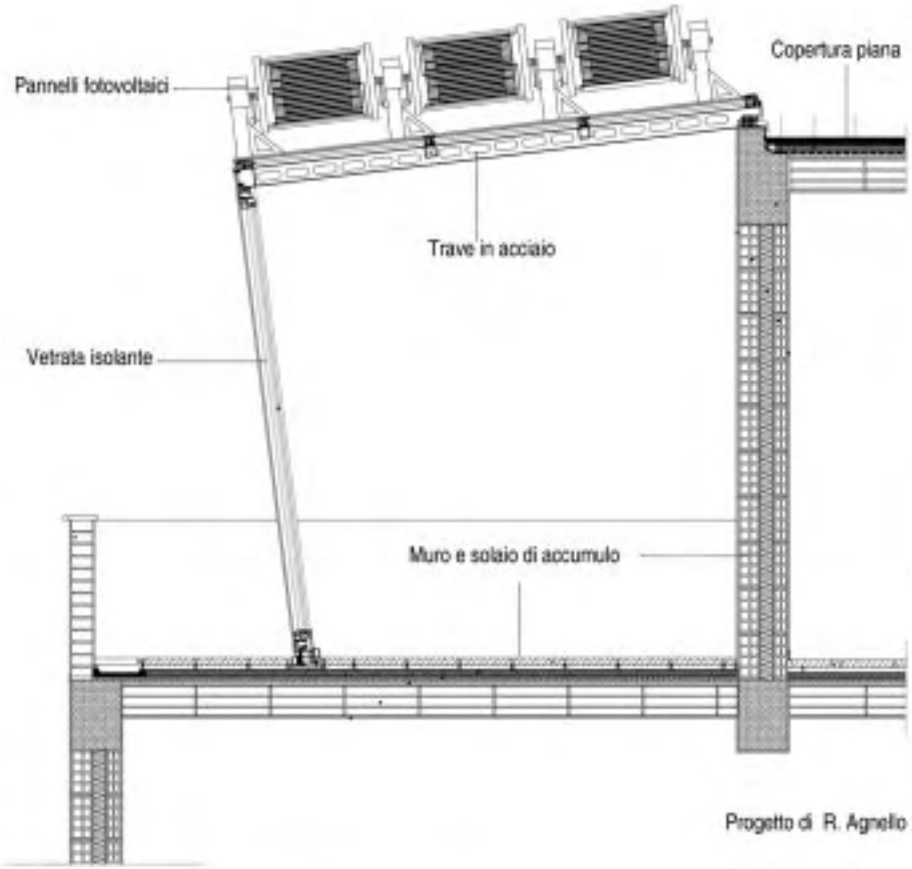
Peso	35,5 Kg/mq
Spessore	26,5 cm
Valore U	2,8W/mq *K
Isol. Acustico	30
Fattore solare g	0.73
Fattore energetico Te	63%



Vetrata isolante : alternative utilizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est.: basso emissivo Vetro int.: float	Vetro est.: stratificato Vetro int.: float	Vetro est.: stratificato Vetro int.: float
		4(12)4	**4(12)33.1**	**6(12)33.1**
Peso	Kg/mq	20	22.5	24.5
Valore U	W/mq *K	1.7	2.9	2.8
Valore UV (tuv)	%	26	2	2
Coeff. shading	W/mq *K	0.68	0.84	0.83
Fattore luminoso	TI	76	80	79
Fattore solare	g	0.59	0.71	0.79
Fattore energetico Te	%	55	63	60
Valutazione Prestazioni		Controllo termico: *** Controllo luminoso: ** Sicurezza: **	Controllo termico: ** Controllo luminoso: *** Sicurezza: *****	Controllo termico: ** Controllo luminoso: ** Sicurezza: *****

Il sistema tecnologico



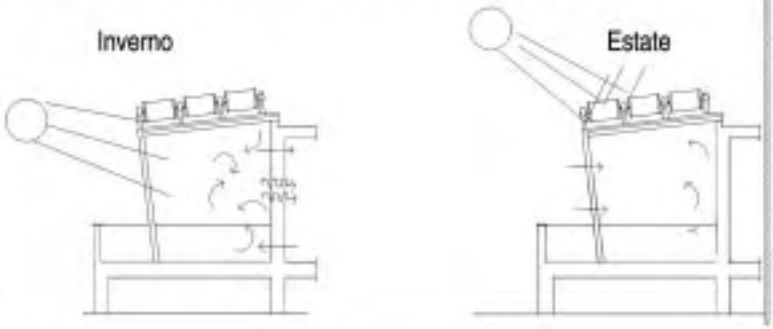
Progetto di R. Agnello

Situazione esistente:



L'edificio esaminato si compone di quattro piani fuori terra. La struttura portante è costituita da travi e pilastri in c.a.. Gli ultimi piani presentano grossi problemi di dispersione termica dovuti, in particolare, alle ampie terrazze che circondano l'ultimo livello. Esse hanno una superficie eccessivamente ampia se si considera che le condizioni climatiche del luogo in cui si trova l'edificio sono particolarmente sfavorevoli e determinano, pertanto, consumi energetici elevati.

Descrizione e funzionamento energetico del sistema.



Descrizione del sistema

Una serie di serre solari consente di catturare l' energia solare garantendo buoni risultati sia per il comfort termico interno che per i problemi di umidità degli ambienti adiacenti. L' aria esterna, riscaldata dal sole, viene immessa all'interno per la ventilazione dei locali. L' energia solare, che non colpisce le superfici vetrate, viene, invece, catturata tramite elementi filtro dotati di ologrammi e celle fotovoltaiche che la trasformano in energia elettrica.
I moduli fotovoltaici agiscono, inoltre, da elementi schermanti orientabili, e consentono di regolare l'ombreggiamento e l'illuminazione secondo le condizioni climatiche e le esigenze dell'utente. Questo sistema garantisce lo sfruttamento ottimale della radiazione solare per il riscaldamento passivo nei periodi invernali.

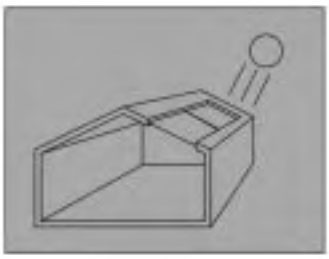
Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato



Tipologia di progetto: **edificio residenziale**
Progettista: ..... **G. W. Rainberg**
Luogo: .....**Vienna**



Tipologia di progetto: .....**casa unifamiliare**
Progettista: .....**Pietro Carmine**
Luogo: .....**Lago Trasimeno**



Tipologia dell'intervento: Lucernaio

Funzionamento energetico

Uno dei sistemi utilizzati per il miglioramento delle prestazioni energetiche di una vecchia abitazione, riguarda una versione tecnologicamente più evoluta del classico lucernaio. In questo caso l'apertura all'interno della falda del tetto viene utilizzata come un vero e proprio sistema di climatizzazione naturale dell'abitazione. L'efficienza nel risparmio energetico del sistema viene ancora aumentata tramite l'utilizzo di una parte del spazio lucernaio per l'istallazione di di collettori solari per la produzione di acqua calda.

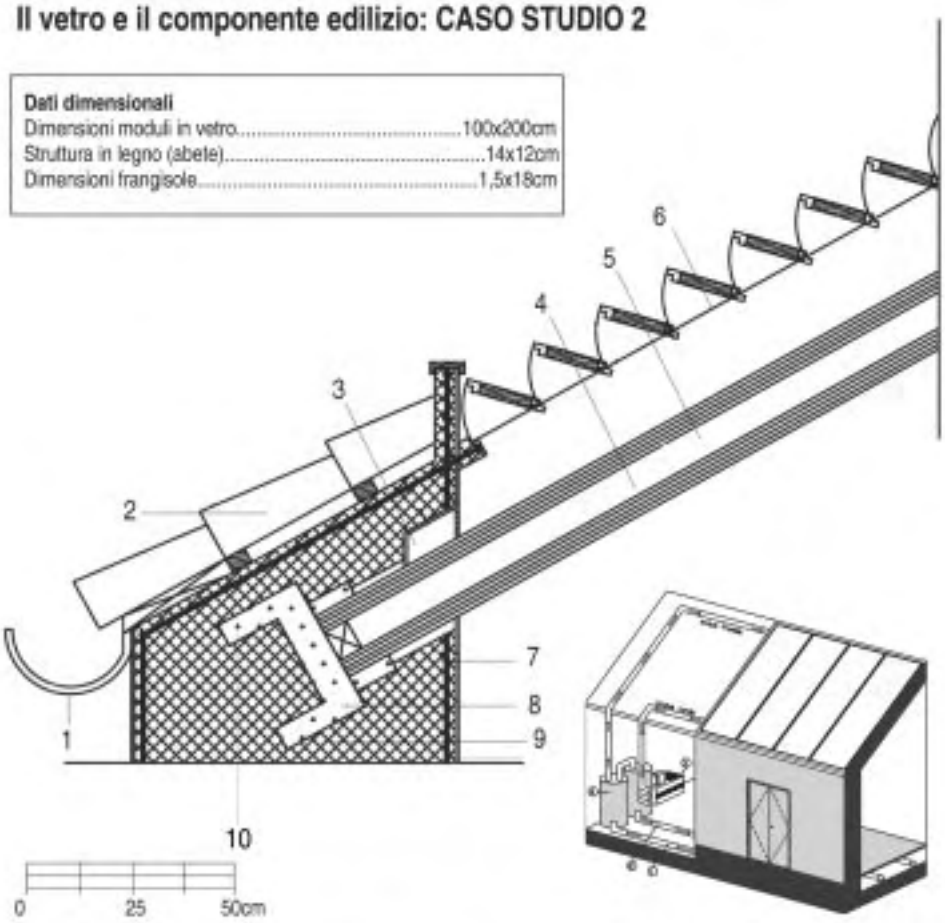
Legenda

1. Canale di Gronda in lamiera zincata
2. Copertura in tegole
3. Canale di scolo dell acque piovane
4. Intercapedine
5. Lastra in vetro
6. Frangisole con lamelle in legno
7. Cordolo in c. a.
8. Elemeto prefabbricato
9. Armatura in acciaio
10. Listelli in legno

Il vetro e il componente edilizio: CASO STUDIO 2

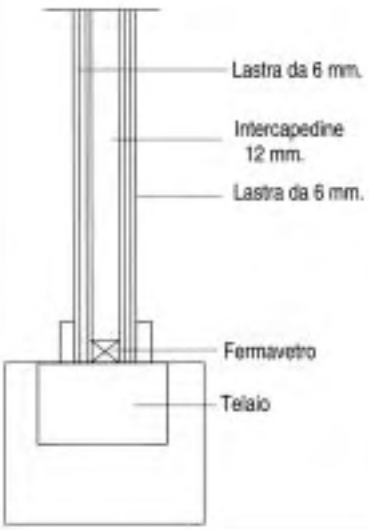
Dati dimensionali

Dimensioni moduli in vetro.....100x200cm
Struttura in legno (abete).....14x12cm
Dimensioni frangisole.....1,5x18cm



Vetrata isolante 6 (12) 6

Peso	24 Kg/mq
Valore U	1,6W/mq *K
Fattore luminoso Tl	79
Fattore solare g	0.57
Fattore energetico T/	45%



Contributo del vetro nel componente



Contributi del vetro alla risposta prestazionale del componente

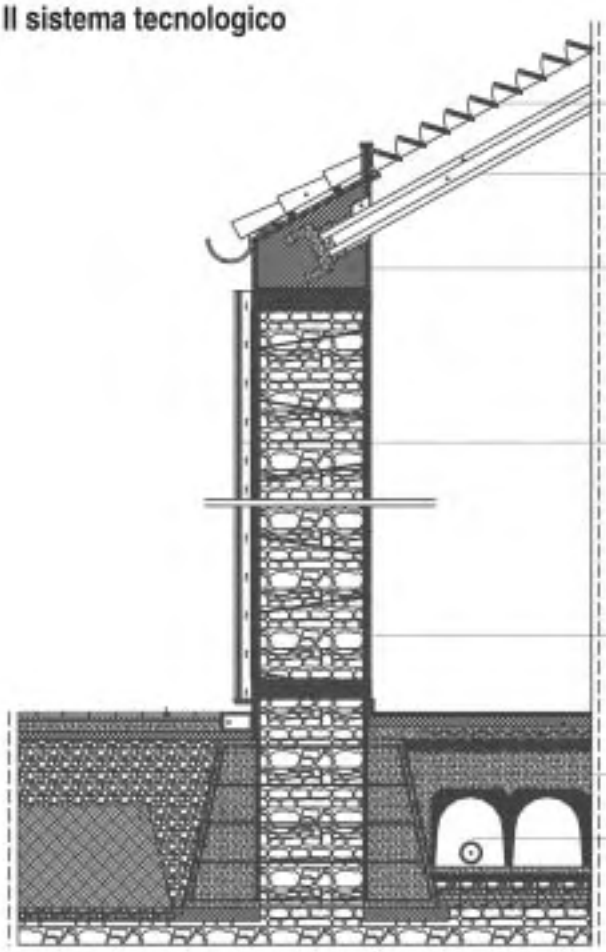
Luminosità.....alto
Contributo climatico.....alto
Isolamento acustico.....basso

Vetrate isolanti: alternative utilizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est.: basso emissivo / Vetro int.: float	Vetro est: stratificato / Vetro int.: float	Vetro est.: float / Vetro int.: float
		4(12)6	4(12)33.1	4(12)8
Peso	Kg/mq	20	22.5	26
Valore U	W/mq *K	1.7	2.9	1.9
Valore UV (tuv)	%	29	2	25
Coeff. shading	W/mq *K	0.68	0.84	0.65
Fattore luminoso	Tl	76	80	75
Fattore solare	g	0.75	0.71	0.67
Fattore energetico Te	%	42	63	44
Valutazione Prestazioni		Controllo termico: ** Controllo luminoso: *** Sicurezza: **	Controllo termico: ** Controllo luminoso: *** Sicurezza: *****	Controllo termico: *** Controllo luminoso: *** Sicurezza: ***

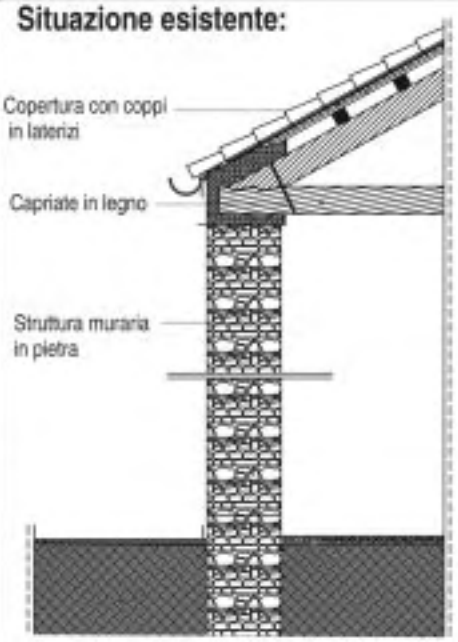
Il progetto: trasformazione di un tetto tradizionale in un sistema di lucernai a passaggio selettivo della luce

Il sistema tecnologico

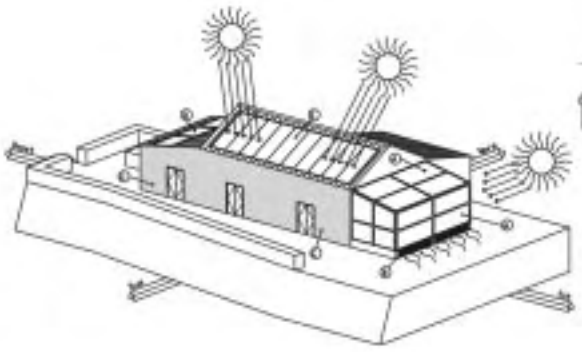


Progetto di G. Cogliandro

Situazione esistente:



L'edificio, posto sulla sommità di un'altura, si presenta come un casolare di antica costruzione, con una struttura articolata, costituita da una muratura portante in pietra. Il tetto, realizzato con capriate in legno, si caratterizza per una copertura in tegole, realizzata senza nessun tipo di isolamento, che comporta, conseguentemente, problemi di dispersione termica.





Descrizione del sistema

Il sistema applicato è un particolare lucernaio di grandi dimensioni costituito da elementi in vetrocamera ad alte prestazioni inseriti in sostituzione di una parte della vecchia copertura. L'elemento è composto, oltre che dal normale sistema trasparente in vetro, anche da una parte che svolge la funzione di collettore solare. L'ingresso della luce viene regolato dal frangisole in legno che, in posizione chiusa, funge anche da elemento di protezione ed isolamento. I raggi solari che penetrano all'interno Riscaldano le grosse superfici murarie, che rilasciano poi il calore durante le ore notturne.

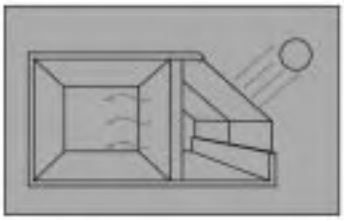
Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato



Tipologia di progetto: **edificio residenziale**
Progettista: **B. Dunster**
Luogo: **Londra**



Tipologia di progetto: **centro museale**
Progettista: **P. Kirkebi, J. Bertelsen**
Luogo: **AARS Danimarca**



Tipologia dell'intervento: serra addossata

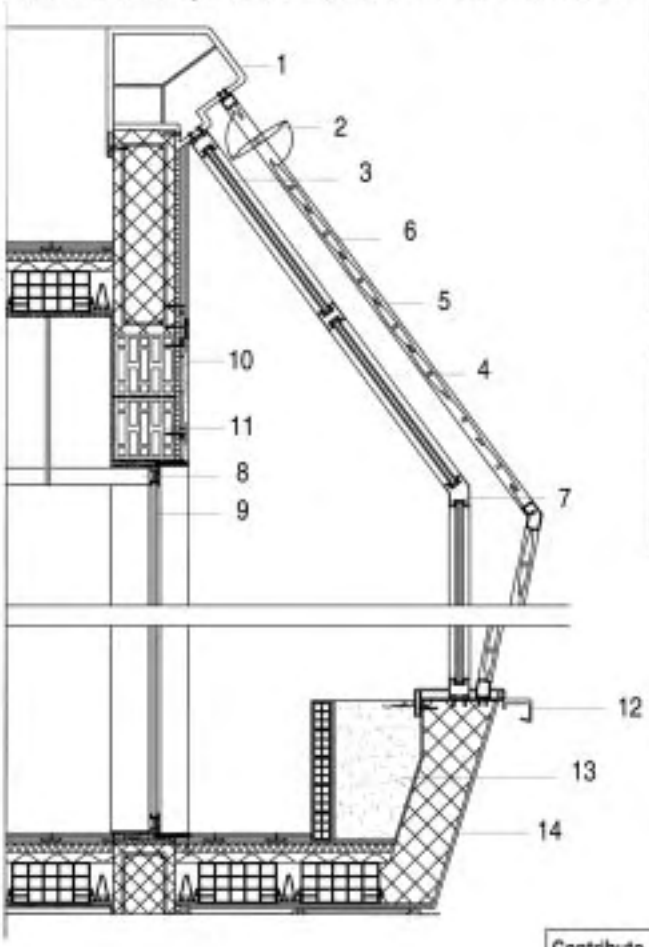
Funzionamento energetico

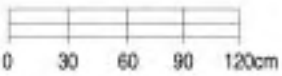
Attraverso questo sistema il balcone viene trasformato in una piccola serra che sfruttando l'esposizione (sud-est) e l'incidenza dei raggi solari sulle vetrate, consente l'accumulo di calore all'interno dello spazio "serra" e in particolare negli elementi ad elevata massa termica come il solaio e la parete esterna dell'edificio. Il calore viene poi restituito all'interno dell'edificio consentendo un notevole risparmio energetico nella stagione invernale.

Legenda

1. Profilato in acciaio
2. Elemento di aggancio del frangisole in acciaio
3. Lamelle frangisole in alluminio
4. Perno di rotazione delle lamelle in acciaio
5. Struttura del frangisole con elementi profilati in alluminio
6. Vetrocamera
7. Telaio in alluminio
8. Controsoffitto
9. Infisso interno in legno con vetrocamera
10. Rivestimento in lamierino zincato
11. Blocchi in laterizio
12. Scossalina di protezione in lamierino zincato
13. Muretto distanziatore in laterizi finito con intonaco
14. Parapetto in c.a.

Il vetro e il componente edilizio: CASO STUDIO 3





Caratteristiche tecniche

La chiusura del sistema serra è realizzata tramite telai in alluminio ancorati con elementi in acciaio alla parete dell'edificio in alto e al parapetto in c.a. in basso, all'interno dei telai vengono montati dei pannelli vetrati composti da due lastre in vetro sigillate all'estremità in modo da creare una camera d'aria, spessore totale 24 mm.

Dati dimensionali

Dimensioni moduli della vetrata..... 75x100cm
Struttura montanti..... 7,5cm
Dimensione lamelle frangisole..... 1,5x18 x200cm
Dimensioni serra..... 12mc

Contributo del vetro nel componente



Contributo del vetro alla risposta prestazionale del componente

Luminosità..... medio
Contributo climatico..... alto
Isolamento acustico..... alto

Vetrata isolante 6 (12)6

Peso	20 Kg/mq
Isol. Acustico	31 db
Valore U	1,9W/mq *K
Fattore solare g	0.78
Fattore energetico T/	42%

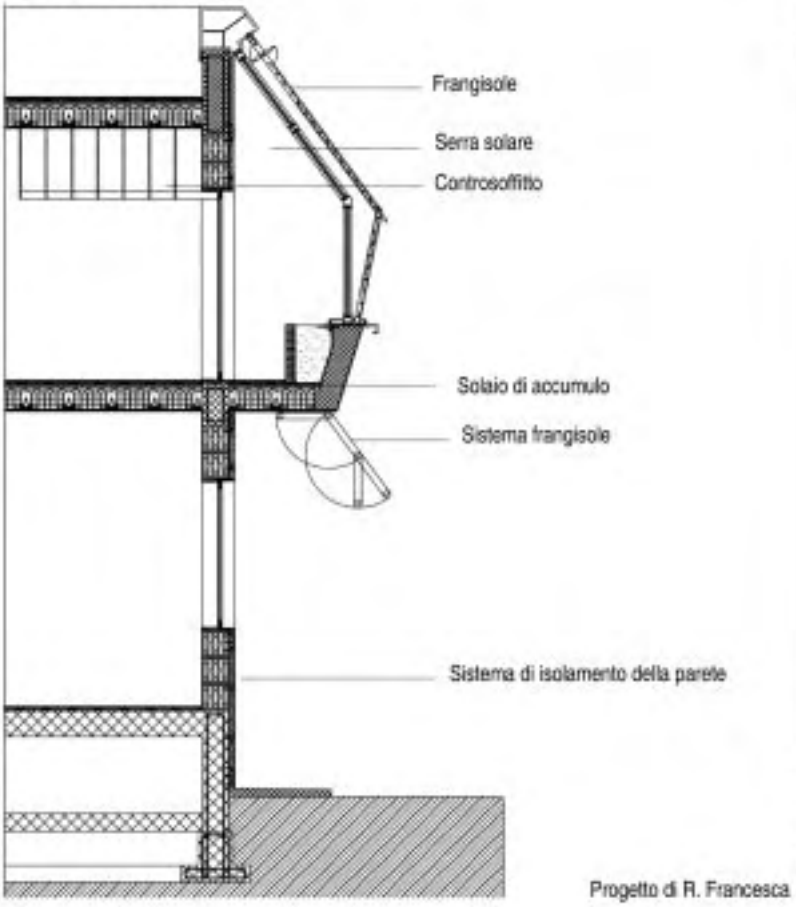


Vetrate isolanti: alternative utilizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est.: basso emissivo / Vetro int.: float 6(10)4	Vetro est.: basso emissivo / Vetro int.: float 8(12Ar)4	Vetro est.: stratif. (Pell. Pvb) / Vetro int.: float 6(12)44.1
Peso	Kg/mq	20	24	26
Valore U	W/mq *K	1.9	1.3	2.8
Valore UV (tuv)	%	24	22	2
Coeff.shading	W/mq *	0.65	0.63	0.80
Rid. liv. Acustico	RW db	34	34	38
Fattore solare	g	0.57	0.55	0.70
Fattore energetico	Te %	49	47	58
Valutazione caratteristiche Prestazioni		Controllo termico: *** Isol. acustico: *** Sicurezza: ***	Controllo termico: ***** Isol. acustico: *** Sicurezza: ***	Controllol termico: ** Isol. acustico: ***** Sicurezza: *****

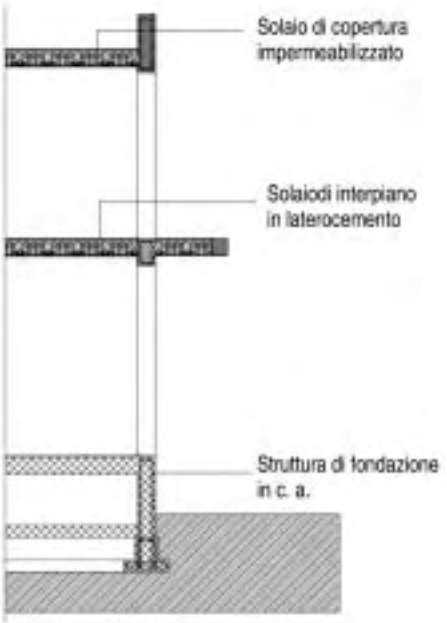
Il progetto: la trasformazione di un balcone tradizionale in una piccola serra ad alto rendimento energetico

Il sistema tecnologico



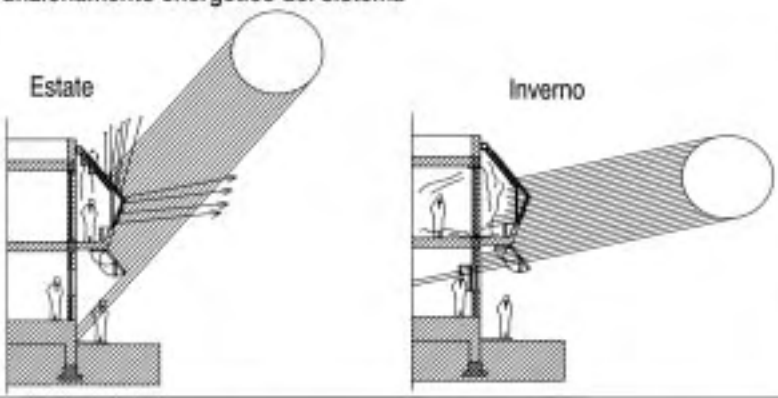
Progetto di R. Francesca

Situazione esistente



L'edificio esaminato si compone di due piani fuori terra, la struttura portante è costituita da travi e pilastri in cemento armato. Le chiusure verticali in laterizio, non presentano un buon grado di isolamento. Le pareti esposte a sud ed est sono inoltre sfavorite dalla particolare posizione dell'edificio, che li espone all'azione insistita dei venti prevalenti e alla radiazione diretta dei raggi solari.

Funzionamento energetico del sistema



Descrizione del sistema

La serra funziona come sistema di controllo climatico naturale degli ambienti interni.
I meccanismi di apertura dei pannelli vetrati, in posizione aperta nella stagione estiva e chiusa in quella invernale, ed i sistemi di regolazione del frangisole , che intercetta la radiazione solare diretta nei periodi freddi e la respinge in quelli più caldi, consentono una duttilità del sistema molto elevata.
In parte il calore immagazzinato nella serra si sposta, per convezione, negli ambienti interni, attraverso dei fori praticati nelle parti alta e bassa del muro. Una parte del calore viene invece trasmessa per conduzione attraverso la parete stessa e il solaio.
Il sistema finestrato della serra contribuisce inoltre ad aumentare il livello di isolamento acustico dell'abitazione.

Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato

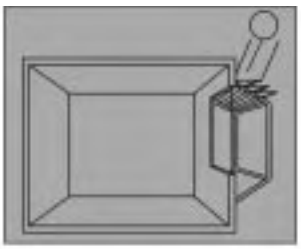


Tipologia di progetto: ..... **Atelier di progettazione**
Sistema: ..... **parete/serra**
Progettista:.....**Architectural team Diane Deboaisne**
Luogo:.....**Parigi**





Tipologia di progetto:.....**Casa unifamiliare**
Sistema:..... **serra su balcone**
Progettista:.....**Heinz Wondra**
Luogo:..... **Graz**



Tipologia dell'intervento: serra addossata

Funzionamento energetico

Il sistema viene realizzato con i principi delle serre solari, è costituito da un infisso in alluminio, una vetrata isolante e un sistema di schermatura con lamelle orientabili, utilizzate per il controllo sia termico che luminoso degli ambienti interni. L' elemento viene addossato alla facciata dell'edificio e collocato in corrispondenza delle "normali" finestre, in questo modo, le stesse vengono trasformate in un complesso sistema che contribuisce alla climatizzazione naturale dell'edificio.

Legenda

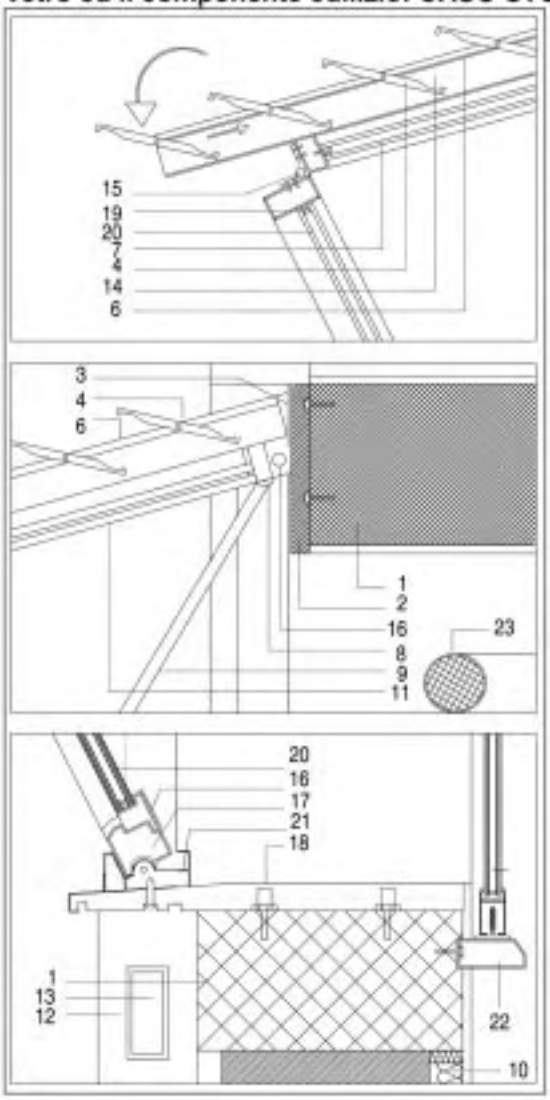
1. Cordolo in c.a
2. Piastra di sostegno in acciaio
3. Aggancio
4. Frangisole in calcestruzzo cellulare
5. Asse di rotazione in acciaio
6. Asta per la rotazione del frangisole
7. Finestra a Vasistas in alluminio con vetro isolante
8. Ferma finestra in alluminio con chiusura a scatto
9. Asta regolabile manualmente
10. Pannello isolante
11. Finestra scorrevole, in alluminio
12. Tavellone rivestito in gesso
13. Incastro maschio-femmina
14. Sostegno in acciaio
15. Cerniera di rotazione in acciaio
16. Telaio mobile montante dell'anta
17. Telaio fisso
19. Fermavetro
20. Finestra con doppia apertura, a vasistas e a battente
22. Controtelaio in acciaio
23. Bocchettoni per l'aria calda

Vetrata isolante 4 (12) 4

Peso	26 Kg/mq
Valore U	1,9W/mq °K
Isol. Acustico	31 db
Fattore solare g	0.18
Fattore energetico T/	14%



Il vetro ed il componente edilizio: CASO STUDIO 4



Caratteristiche tecniche

La struttura del componente è realizzata con profilati in alluminio, montati fra loro con un sistema a cerniera, che garantisce una facilità nella messa in opera e nella manutenzione del componente stesso. All'interno del telaio sono fissati dei pannelli in vetro (vetrate isolanti) composti da due lastre di 4 mm sigillate fra loro lasciando un intercapedine di aria di 12 mm, per i punti di giunzione sono state usate guarnizioni in gomma e prodotti siliconici. Nella parte superiore dell'infisso su un telaio superiore sono montate lamelle frangisole in alluminio, fissate al telaio con dei perni in acciaio che consentono le variazioni di inclinazione.

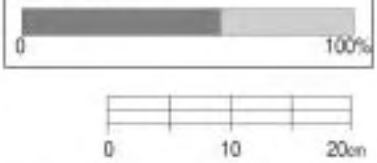
Dati dimensionali

Struttura in alluminio.....7x4cm
Dim. Frangisole 1,5 x16cm
Dimensioni serra ..... 3 mc

Contributi del vetro alla risposta prestazionale del componente

Luminosità.....basso
Contributo climatico.....alto
Isolamento acustico.....alto

Contributo del vetro nel componente

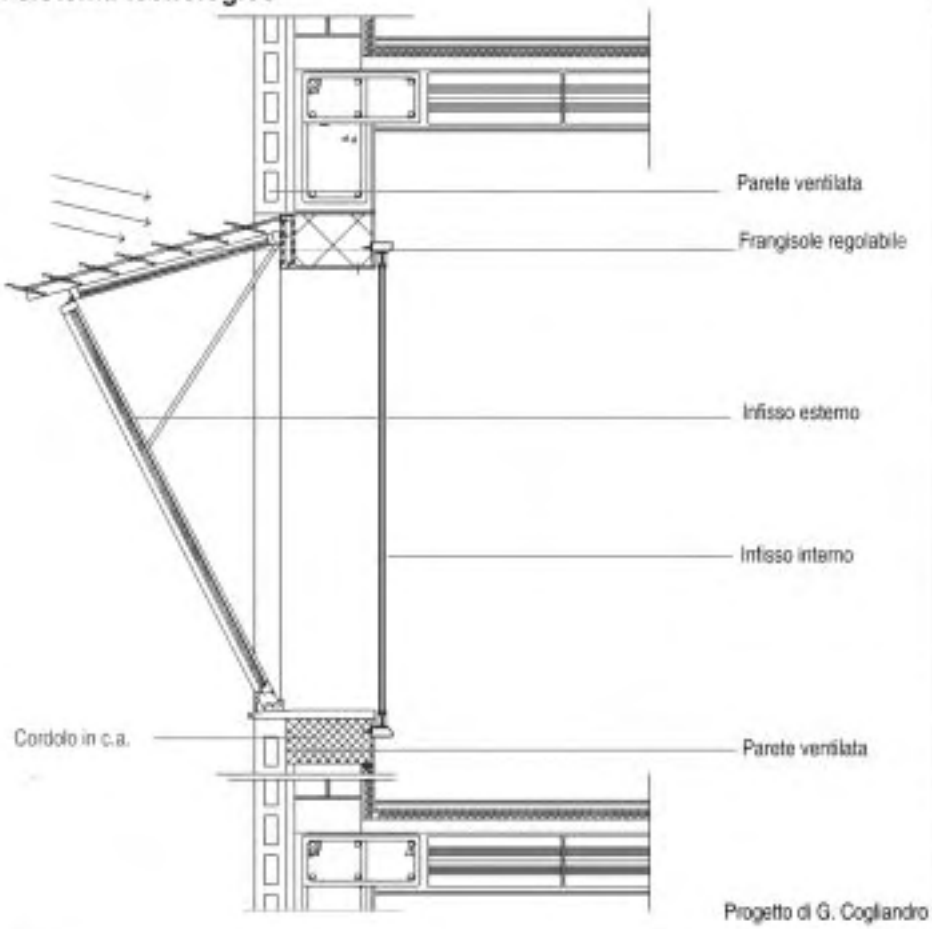


Vetrate isolanti: alternative utilizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est. float Vetro int.: basso emissivo **4(12)4**	Vetro est.: float Vetro int.: c. solare basso emiss. **6(12)6**	Vetro est. stratif. (Pell. Pvb) Vetro int.: float **6(12)44.1**
Peso	Kg/mq	20	30	26
Valore U	W/mq °K	1.7	2.8	2.8
Valore UV (tuv)	%	26	24	2
Coeff.shading	W/mq °K	0.68	0.68	0.80
Fattore luminoso	TI	76	61	0.80
Fattore solare	g	0.59	0.42	0.17
Fattore energetico	Te%	55	59	13
Valutazione Prestazioni		Controllo termico: *** Controllo luminoso: ** Sicurezza: **	Controllo termico: ** Controllo luminoso: **** Sicurezza: **	Controllo termico: ** Controllo luminoso: ** Sicurezza: *****

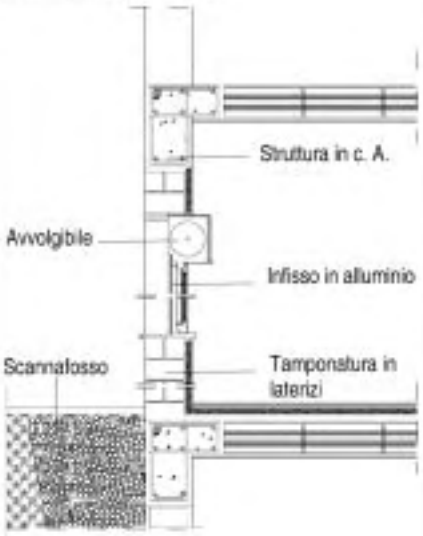
Il progetto: completamento di un infisso tradizionale con un infisso ad alto rendimento energetico

Il sistema tecnologico



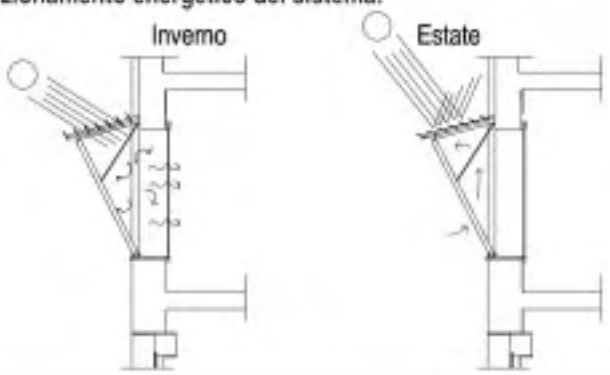
Progetto di G. Cogliandro

Situazione esistente:



L'edificio su cui viene proposto l'intervento è una comune struttura in c. a. a travi e pilastri, articolata su due livelli fuori terra. Presenta numerosi problemi di dispersione termica, che si presentano sia attraverso la scarso isolamento delle pareti perimetrali dell'edificio, che attraverso lo scarso rendimento dei sistemi di tenuta all'aria delle aperture. Esse sono costituite da una serie di infissi di vecchia fattura distribuiti in particolare lungo il prospetto principale che è rivolto a sud.

Funzionamento energetico del sistema:



Descrizione del sistema

Il sistema funziona attraverso un involucro in vetro e alluminio, addossato al vecchio sistema finestrato dell'edificio, lo spazio che si viene a creare funge da piccola serra solare. Nella stagione fredda quando l'infisso è chiuso e i frangisole sono orientati in modo da consentire al massimo il passaggio dei raggi solari, all'interno del piccolo spazio serra si innalza notevolmente la temperatura, il calore prodotto, viene trasferito per conduzione attraverso i materiali e per convezione tramite apposite aperture nei locali adiacenti, contribuendo a ridurre il consumo energetico per il riscaldamento degli ambienti. Nella stagione fredda l'infisso rimane aperto e le lamelle del frangisole creano un cono d'ombra sulla finestra abbattendo il calore provocato dalla radiazione solare diretta. Il doppio sistema finestrato consente inoltre di ottenere un elevato livello di insonorizzazione e quindi un ottimo confort acustico.

Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato



Tipologia di progetto:.....**edificio residenziale**
Progettista.....**Hans Kollhoff**
Luogo:.....**Amsterdam**



Tipologia di progetto:.....**edificio residenziale**
Progettista.....**W. Irsel**
Luogo:.....**Austria**



Tipologia dell'intervento: struttura a doppia pelle

Funzionamento energetico

Il sistema è costituito da una grande struttura a telaio in legno con pannelli in vetro. Il suo accostamento all'edificio ha lo scopo di creare una doppia pelle con intercapedine di circa 45 cm. I sistemi di apertura e chiusura posti sia nella parte superiore, sia in quella inferiore della struttura, unitamente ad un sistema di schermatura con frangisole orientabile in legno, consentono il controllo dei carichi termici sulla facciata sud dell'edificio.

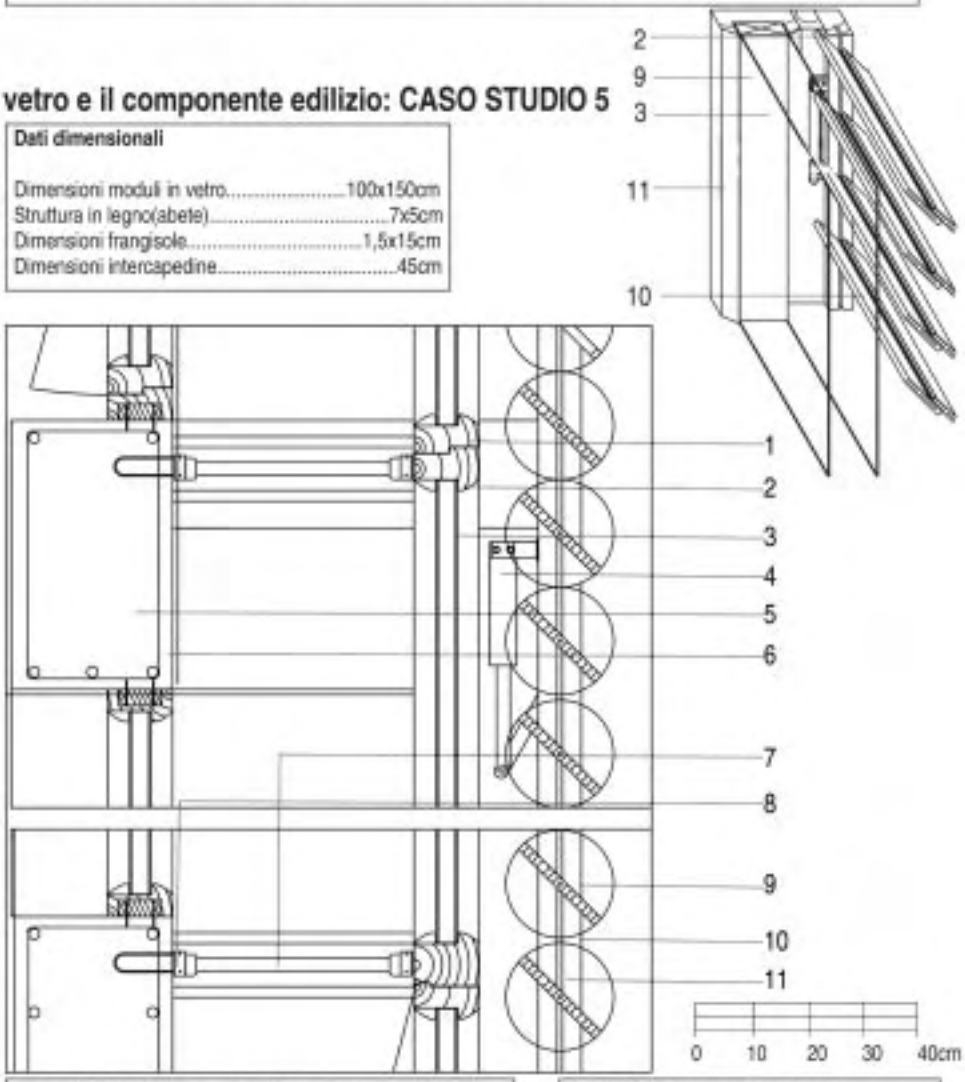
Il vetro e il componente edilizio: CASO STUDIO 5

Legenda

1. Montante in legno
2. Lastra in vetro
3. Intercapedine
4. Martinetto idraulico
5. Trave in c.a.
6. Tondini in ferro
7. Elemento di ancoraggio in acciaio
8. Staffe di aggancio
9. Struttura del frangisole in legno
10. Frangisole in legno
11. Perno di rotazione in acciaio

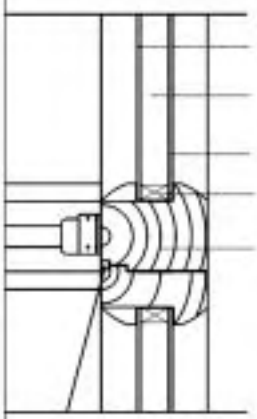
Dati dimensionali

Dimensioni moduli in vetro.....100x150cm
Struttura in legno(abete).....7x5cm
Dimensioni frangisole.....1,5x15cm
Dimensioni intercapedine.....45cm



Vetrata isolante 4 (12)4

Peso	14 Kg/mq
Valore U	2,1W/mq °K
Isol. Acustico	28 db
Fattore solare g	0.65
Fattore energetico T/	38%



Contributo del vetro nel componente

0 100%

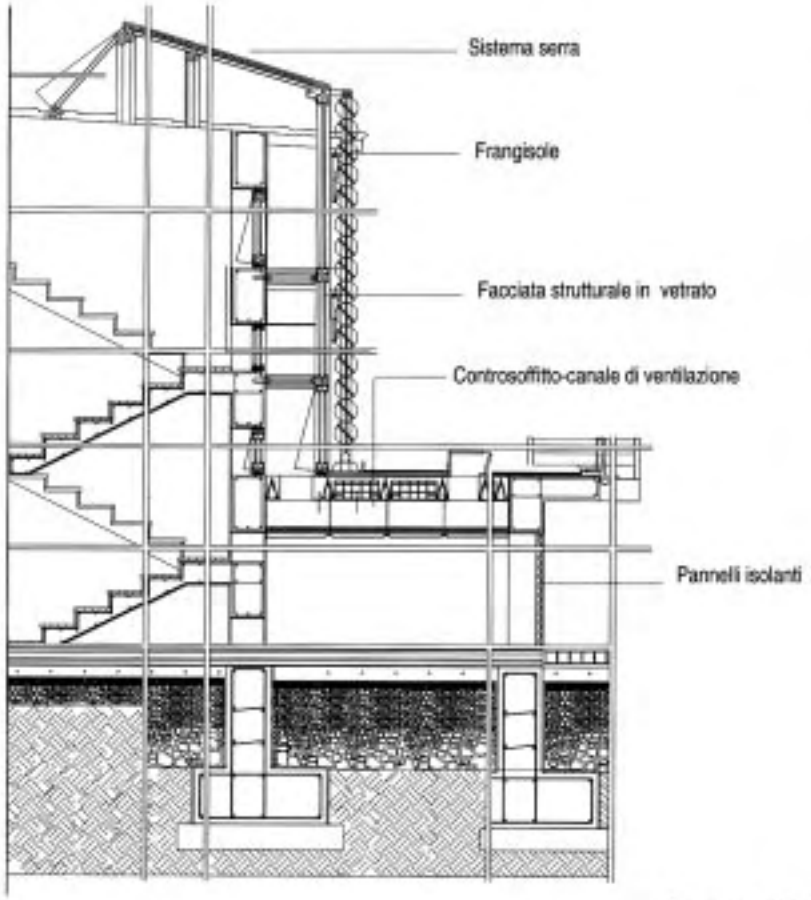
Contributi del vetro alla risposta prestazionale del componente

Luminosità.....alto
Contributo climatico.....alto
Isolamento acustico.....medio

Vetrate isolanti: alternative utilizzabili nel progetto

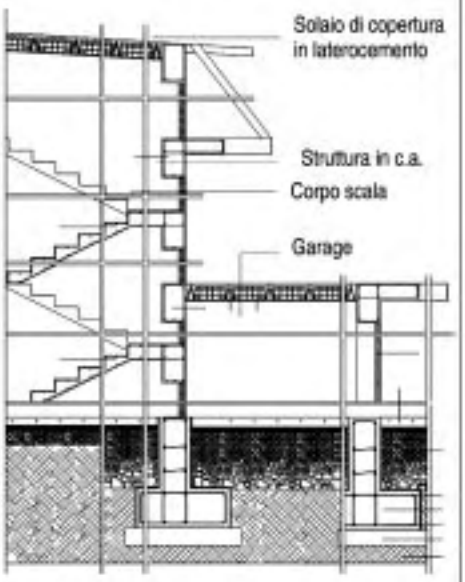
Vetrate isolante composizione		Vetro est.: basso emissivo / Vetro int.: float	Vetro est: stratificato / Vetro int.: float	Vetro est.: float / Vetro int.: float
		4(12)6	4(12)33.1	6(12)6
Peso	Kg/mq	20	22.5	20
Valore U	W/mq °K	1.7	2.9	1.6
Valore U/V (tu/v)	%	29	2	25
Coeff.shading	W/mq °K	0.68	0.84	0.65
Fattore luminoso	TI	76	80	79
Fattore solare	g	0.75	0.71	0.84
Fattore energetico Te	%	42	63	44
Valutazione Prestazioni		Controllo termico: ** Controllo luminoso: *** Sicurezza: **	Controllo termico: ** Controllo luminoso: *** Sicurezza: *****	Controllo termico: *** Controllo luminoso: *** Sicurezza: ***

Il sistema tecnologico



Progetto di C. Valente

Situazione esistente



L'edificio, presenta due fronti ciechi e due finestrati e si sviluppa in direzione nord-sud. La terrazza collocata al primo piano sul lato sud, molto ampia ed insufficientemente isolata, rappresenta un punto di grande dispersione termica. L'esposizione al vento delle superfici murarie rivolte verso sud compromette ancora di più la risposta energetica dell'edificio, riducendo notevolmente la temperatura delle pareti. L'intensità del traffico in prossimità dell'edificio, comporta livelli considerevoli di inquinamento acustico.

Funzionamento energetico del sistema



Descrizione del sistema

La struttura applicata coinvolge l'edificio in tutta la sua altezza, infatti il sistema di circolazione dell'aria prevede nella stagione estiva che il prelevamento avvenga dai piani seminterrati dove la temperatura è più bassa, nella stagione fredda invece abbiamo il prelevamento dell' aria calda dalla serra posta sulla sommità dell'edificio. La circolazione avviene all'interno della doppia pelle che funge da scambiatore con gli ambienti interni. La temperatura dell'intercapedine viene regolata tramite una serie di aperture poste in modo da favorire il movimento dell'aria interna e dalla regolazione meccanica del frangisole.

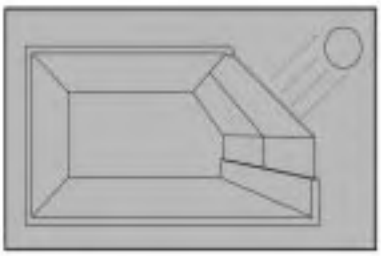
Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato



Tipologia di progetto: ..... **edificio pubblico**
Progettista: ..... **T.Herzog**
Luogo: ..... **Vienna**



Tipologia di progetto:..... **Studio Architettura**
Progettista:..... **KiKutake**
Luogo:..... **Tokio**



Tipologia dell'intervento: serra a guadagno diretto

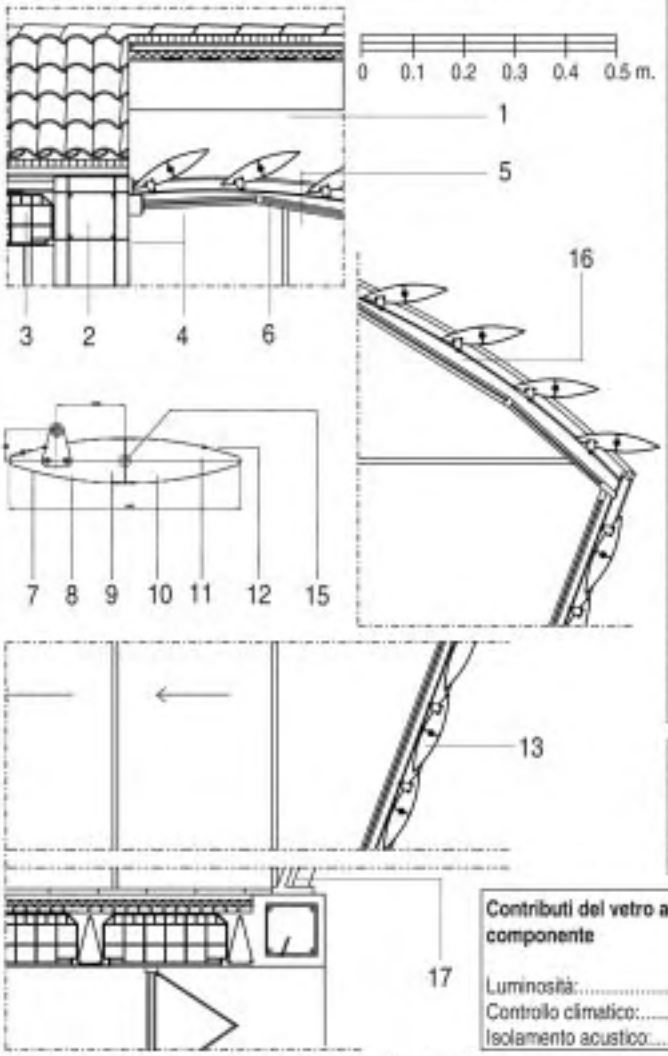
Funzionamento energetico

I sistemi a guadagno diretto comprendono le soluzioni in cui sia previsto l'irraggiamento diretto dello spazio abitativo, che quindi ha funzione esso stesso di captatore, accumulo e sistema distributivo dell'energia raccolta. In pratica la radiazione solare diretta e riflessa dall'esterno entra nell'ambiente attraverso le superfici vetrate e viene assorbita dai componenti strutturali direttamente esposti, che poi rilasciano il calore accumulato nel periodo d'insolazione rendendo meno sensibile la naturale oscillazione giornaliera della temperatura interna. Nel caso studio analizzato la scelta di questa soluzione bioclimatica è stata preferita ad altre vista la dimensione considerevole della finestra esistente ed al contempo la dimensione contenuta delle superfici murarie rientranti nel perimetro della serra.

Legenda

1. Copertura ventilata
2. Trave di coronamento in c.a.
3. Pignatta in laterizio ad alto isolamento termico
4. Montante in alluminio a taglio termico
5. Catena di rotazione dei frangisole
6. Vetrata isolante
7. Calotta in alluminio preverniciato
8. Pannello in sughero da 6 mm.
9. Supporti metallici ad ogiva per il sostegno dell'asse di rotazione
10. Asse metallico di trasmissione della rotazione del frangisole
11. Tubo in rame brunito
12. Calotta superiore in vetro cavo
13. Frangisole
14. Sigillante elastomerico a base siliconica
15. Vite di serraggio dei frangisole
16. Montante in alluminio a taglio termico
17. Traversa in alluminio anodizzato

Il vetro ed il componente edilizio: CASO STUDIO 6



Caratteristiche tecniche

Il componente tecnologico progettato è composto da alcuni elementi fondamentali. La superficie vetrata, che è ottenuta mediante un infisso in alluminio a taglio termico, ed un sistema di vetrata isolante. Il vetro svolge un ruolo significativo anche nel sistema di frangisole orientabili. Questi hanno una particolare forma a conchiglia con la calotta inferiore in alluminio preverniciato scuro (reso isolante da uno foglio di sughero da 6 mm.) e quella superiore in vetro ad alto potere isolante; il tutto per alloggiare all'interno un sistema di collettore sottovuoto (tipo heat pipe). La forma del sistema di frangisole è stata pensata in modo da utilizzare vetro cavo (di solito più facilmente reperibile tra i vetri riciclati).

Dati dimensionali

Dim. moduli:..... cm 40 x 120
Struttura in alluminio:....mm65 x85
Dim. frangisole:.mm120x80x1200
Dim. serra:.....mo65

Quantità di vetro utilizzato nella realizzazione del componente

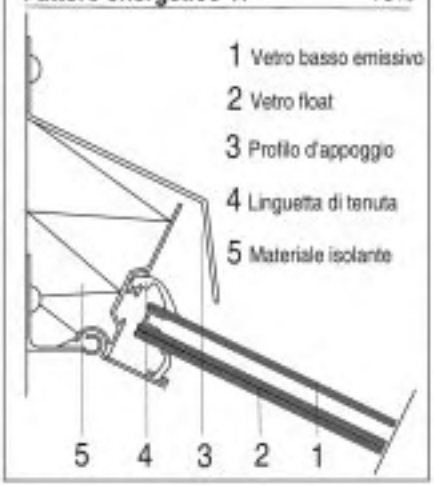


Contributi del vetro alla risposta prestazionale del componente

Luminosità:.....A
Controllo climatico:.....A
Isolamento acustico:.....B

Vetrata isolante 4 (10) 6

Peso	20 Kg/mq
Valore U	1,9W/mq °K
Indice di rid. Acustica RW	34 db
Fattore solare g	0.57
Fattore energetico TI	16%



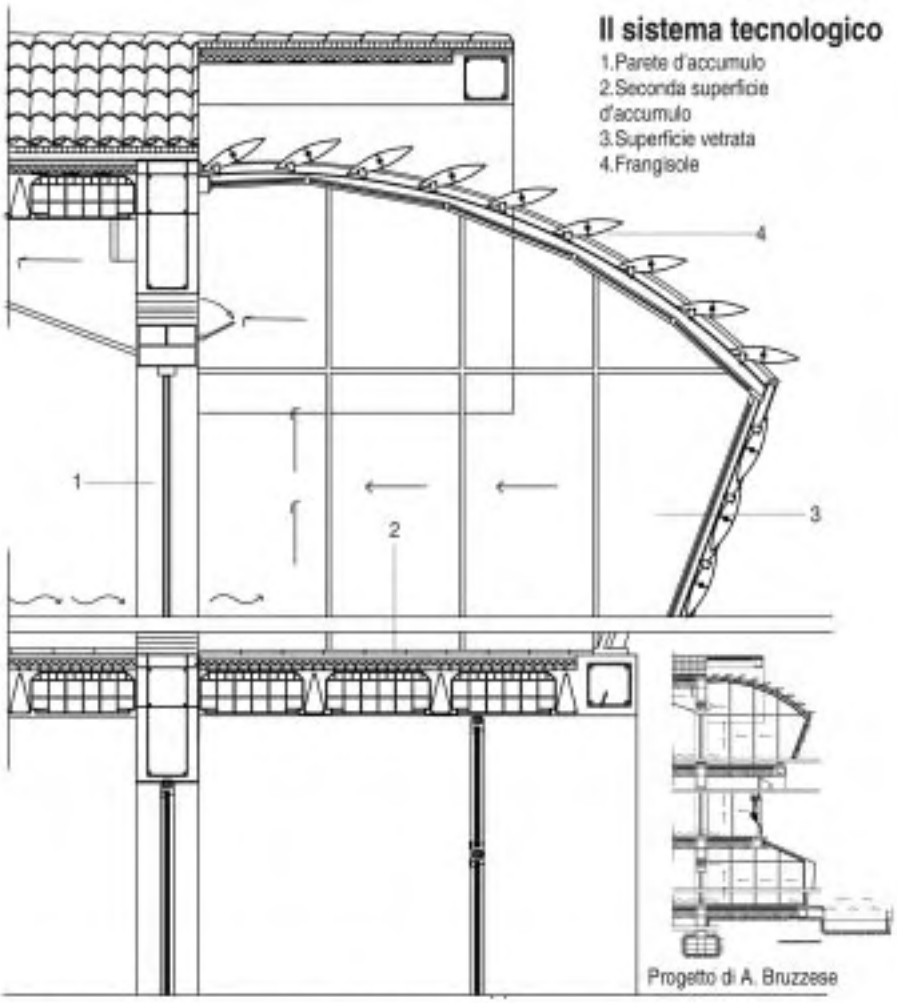
Vetrate isolanti: alternative utizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est. basso emissivo / Vetro int.: float	Vetro est. basso emissivo / Vetro int.: float	V. est. basso emissivo / V. int.: float
		6(10)4	**6(12Ar)10**	**8(12)8**
Peso	Kg/mq	20	28	28
Valore U	W/mq °K	1.9	1.4	1.6
Valore UV (tuv)	W/mq °K	24	26	25
Coeff. shading	W/mq.	0.65	0.67	0.65
Rid. liv. Acustico RW	db	34	38	37
Fattore solare	g	0.57	0.86	0.84
Fattore energetico Te	%	49	46	44
Prestazioni		Controllo termico: *** Isol. acustico: *** Sicurezza: **	Controllo termico: ***** Isol. acustico: ***** Sicurezza: ***	Controllol termico: **** Isol. acustico: **** Sicurezza: ****

Il progetto: trasformazione di un balcone in una veranda a controllo luminoso

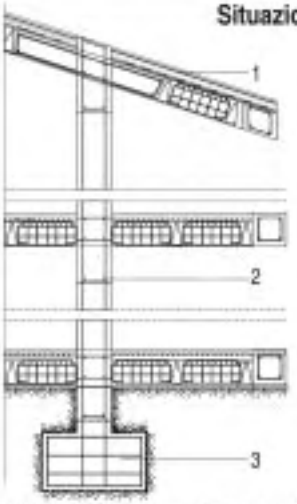
Il sistema tecnologico

1. Parete d'accumulo
2. Seconda superficie d'accumulo
3. Superficie vetrata
4. Frangisole



Progetto di A. Bruzzese

Situazione esistente

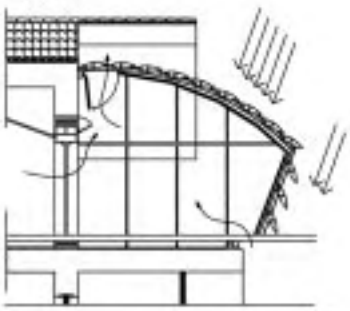


1. Plinto di fondazione
2. Ossatura portante in c.a.
3. Falda inclinata gettata in opera.

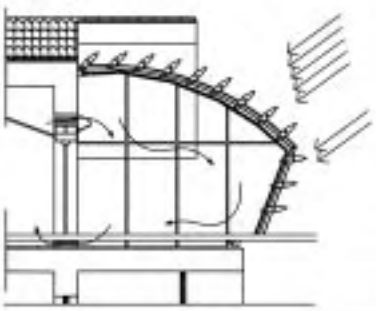
L'unità abitativa considerata è un edificio che si sviluppa su tre piani di forma quasi quadrata con i quattro fronti liberi ed ampi balconi soprattutto sui lati sud e ovest. La struttura portante è un telaio in c.a. con fondazione a travi rovescie e tetto a falde in c.a., gettate in opera.
Dal punto di vista ambientale, l'edificio presenta due fronti contigui protetti da alberi sempreverdi che lo schermano sia dai venti freddi sia dal carico solare estivo. L'angolo opposto (a sud-est) invece presenta una condizione ambientale più sfavorevole in quanto non ci sono alberi o altri elementi verticali schermanti; inoltre il carico termico è incrementato oltre che dalle tipiche caratteristiche solari dell'esposizione a sud anche da alcune scelte tecnologiche poco adatte dal punto di vista energetico. È particolarmente influente sia il mancato isolamento delle pareti (tamponatura perimetrale con doppia fila di mattoni ed intercapedine vuota) sia la pavimentazione in bitume della pertinenza dell'edificio.

Funzionamento energetico del sistema

Estate



Inverno



Descrizione del sistema

Il sistema è stato progettato con delle parti mobili ed altre fisse. La mobilità degli elementi è funzione della necessità di offrire uno schermo alla radiazione solare o permetterne l'attraversamento. Per questo sono stati progettati dei frangisole in vetro che si orientano, dall'interno, a seconda della stagione. Anche il muro d'accumulo presenta alcune parti mobili quali prese d'aria (collocate sia nella parte alta che alla base) che servono a favorire lo scambio di calore tra la zona serra ed i locali interni. Infine la mobilità, e con essa l'intenzione di regolare il passaggio di aria e calore, è controllata anche tramite il sistema di vetrate isolanti. Oltre alle caratteristiche specifiche dell'infisso utilizzato e le prestazioni energetiche del vetro la presenza di aperture a vasistas, sia nella parte bassa che nel nodo superiore della serra, consentono la ventilazione della serra (nel periodo estivo) o collaborano al recupero di calore (nel periodo invernale).

Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato





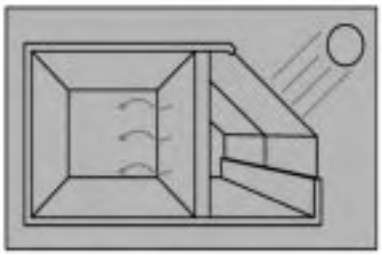


Tipologia di progetto:.....**edilizia per uffici**
Progettista:.....**A. Krishan**
Luogo:.....**Leh (Himalaya)**





Tipologia di progetto:.....**edilizia per l'infanzia**
Progettista:.....**G. Rentzsch - O. Reiter**
Luogo:.....**Rieisa (Sassonia)**



Tipologia dell'intervento: serra a guadagno indiretto

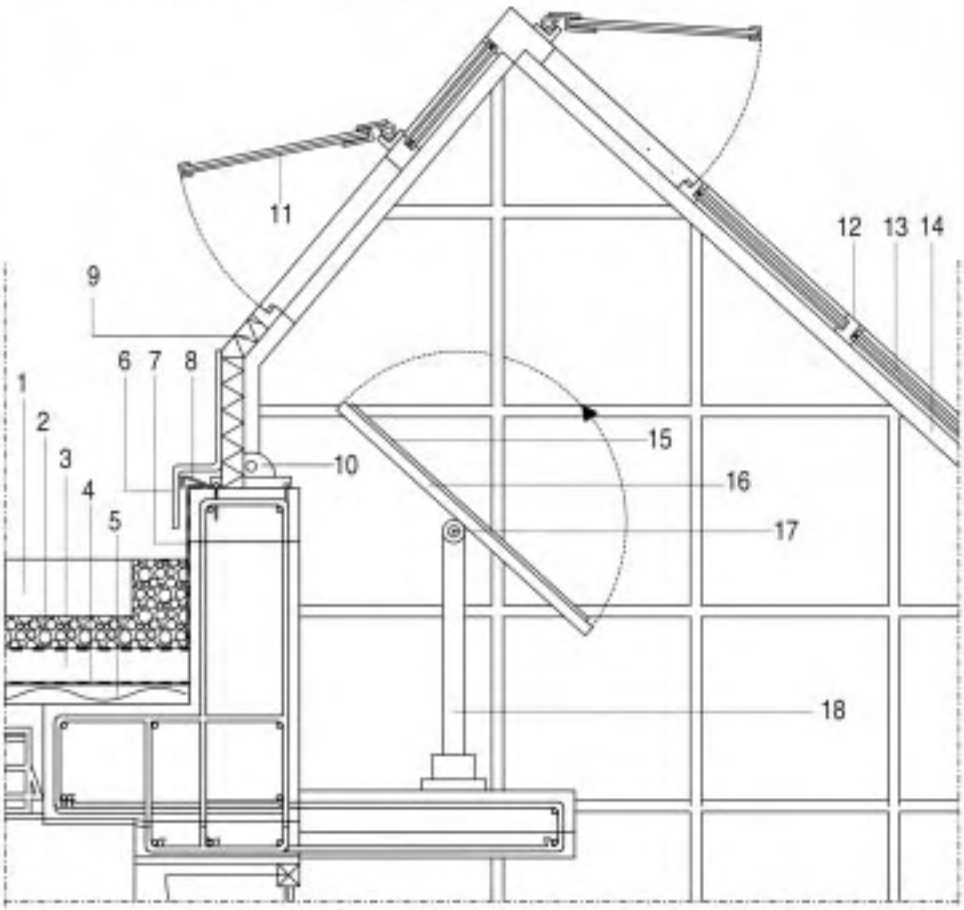
Funzionamento energetico

Questo tipo di sistema viene classificato come sistema a guadagno indiretto in quanto la radiazione solare incidente non viene trattenuta ed utilizzata direttamente dallo spazio abitativo per effetto serra, ma sfruttata sotto forma di calore ceduto dalle masse termiche interposte tra la zona serra e gli ambienti interni. Il vantaggio di questo sistema è il maggiore controllo climatico che si può ottenere. Inoltre, le fluttuazioni termiche sono meno sensibili nel tempo ed omogenee nello spazio. In questo caso, di conseguenza sono minori i rischi di surriscaldamento. A tali caratteristiche va aggiunto che, nello specifico, la presenza di una apertura per l'ingresso di aria con particolari pre-trattamenti consente di incrementare l'efficienza della serra.

Legenda

1. Terreno vegetale
2. Drenaggio
3. Strato isolante
4. Membrana impermeabile sintetica
5. Massetto in cls con rete elettrosaldata
6. Copertina metallica
7. Sigillante siliconico
8. Supporto metallico fissato con tassello ad espansione
9. Isolante in schiuma poliuretanica
10. Elemento d'ancoraggio dell'infisso
11. Apertura in vetro stratificato
12. Traverse realizzate da profilati in alluminio a taglio termico
13. Vetrata isolante
14. Profilato in acciaio a doppio "T"
15. Modulo fotovoltaico
16. Telaio metallico di supporto
17. Cerniera con motore ad inseguimento solare (movimenti orizzontali)
18. tubolare metallico con rotore integrato ad inseguimento solare (gli spostamenti verticali)

Il vetro ed il componente edilizio: CASO STUDIO 7



Contributi del vetro alla risposta prestazionale del sistema

Luminosità: ..... M
Controllo climatico: ..... A
Isolamento acustico: ..... M

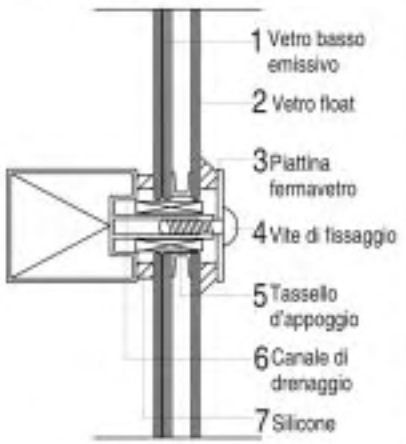
Quantità di vetro utilizzato nella realizzazione del componente

0 100%

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 m.

Vetrata isolante 4(10)6

Peso	20 Kg/mq
Valore U	1,9W/mq *K
Indice di rid. Acustica RW	34 db
Fattore solare g	0.56
Fattore energetico TI	49%

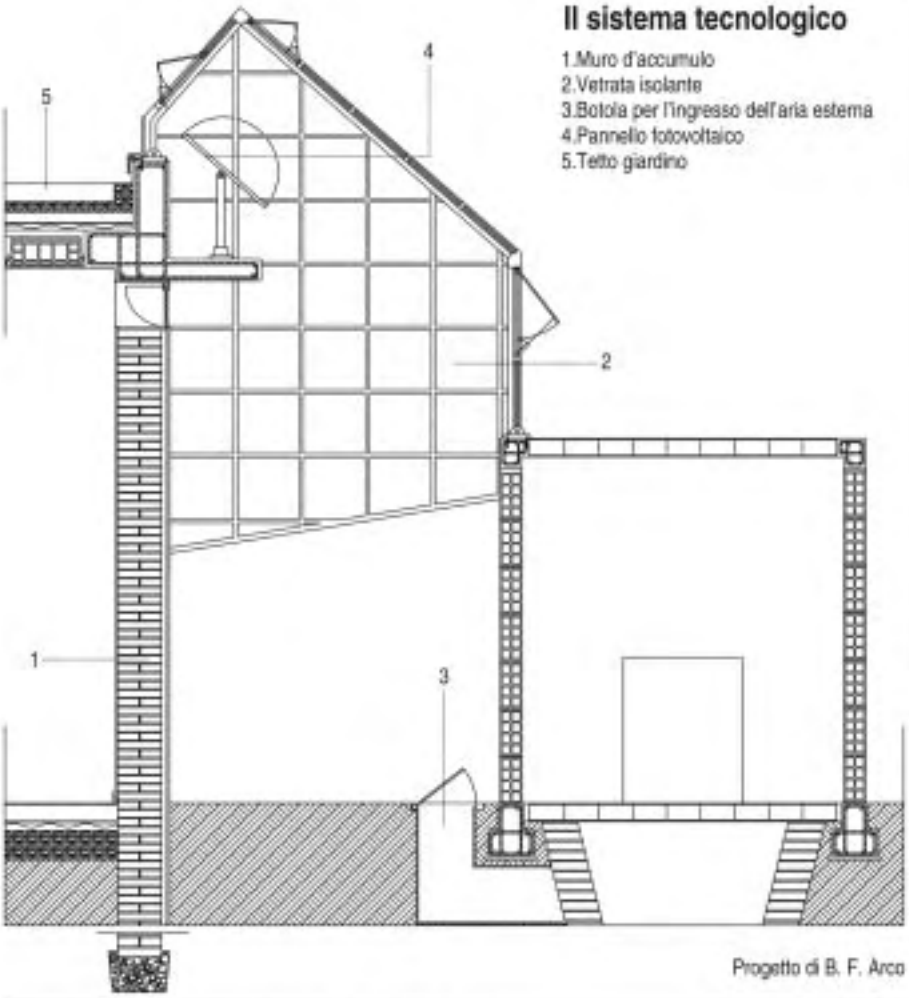


Vetrate isolanti: alternative utizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est. basso emissivo / Vetro int. float	Vetro est. basso emissivo / Vetro int. float	V. est. basso emissivo / V. int. float
		6(10)4	**6(12Ar)6**	**8(12)8**
Peso	Kg/mq	20	20	28
Valore U	W/mq *K	1.9	1.4	1.6
Valore UV (tuv)	%	24	22	25
Coeff.shading	W/mq *K	0.65	0.62	0.65
Rid. liv. Acustico	RW db	34	33	37
Fattore solare	g	0.57	0.82	0.84
Fattore energetico Te	%	49	48	44
Prestazioni		Controllo termico: *** Isol. acustico: *** Sicurezza: **	Controllo termico: ***** Isol. acustico: *** Sicurezza: ***	Controllo termico: **** Isol. acustico: **** Sicurezza: ***

Il progetto: trasformazione di uno spazio di pertinenza in una serra solare addossata

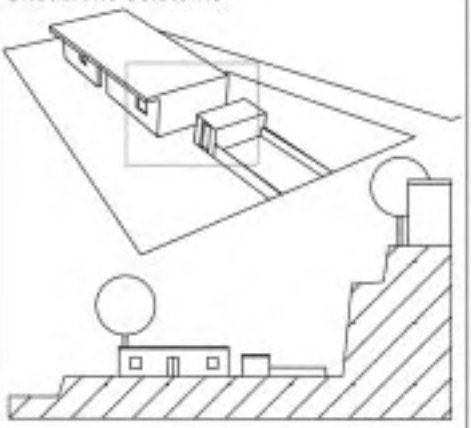
Il sistema tecnologico



1. Muro d'accumulo
2. Vetrata isolante
3. Botola per l'ingresso dell'aria esterna
4. Pannello fotovoltaico
5. Tetto giardino

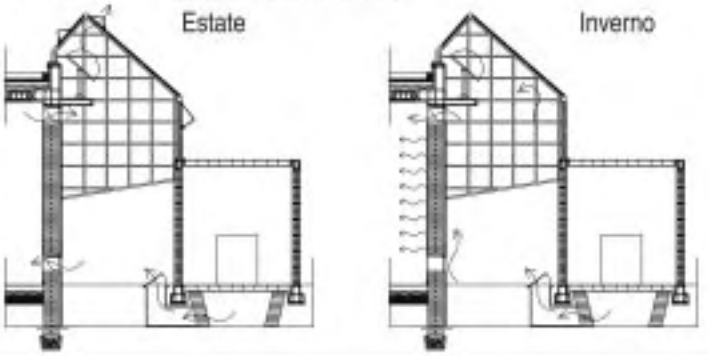
Progetto di B. F. Arco

Situazione esistente



La tipologia edilizia di questo caso studio è quella della casa rurale. L'edificio è posizionato su uno dei margini del campo, a ridosso dell'argine destro di un torrente ed è protetto da un filare di alberi a foglia caduca. Dal punto di vista architettonico è un edificio di forma rettangolare, di dimensioni contenute e con aperture altrettanto rade e piccole. È ad un solo piano e presenta il tetto a terrazza. Dal punto di vista ambientale i lati maggiori si affacciano sulla direzione nord-sud con quello d'ingresso posto a sud. Sia dalle caratteristiche dell'edificio che dalle informazioni raccolte dagli abitanti si deduce che ha delle risposte in termini di comfort termico, molto critiche; infatti nel periodo estivo il carico solare è solo parzialmente contenuto dallo schermo vegetale che circonda l'edificio, mentre nel periodo invernale le dispersioni termiche risultano davvero considerevoli. I motivi principali vanno individuati sia nel manto di copertura (privo di alcun sistema di isolamento) sia nella qualità dei materiali utilizzati per le pareti perimetrali.

Funzionamento energetico del sistema



Descrizione del sistema

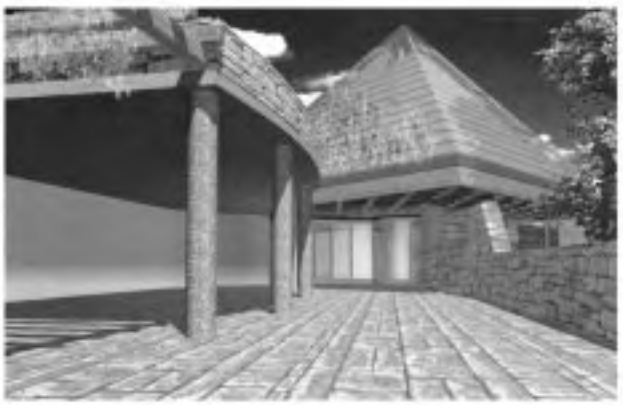
Sistema di sfruttamento passivo dell'energia solare per riscaldamento mediante collettore ad aria, costituito da infisso esterno interpiano in legno, munito di ante apribili nella facciata superiore ed inferiore e vetro semidoppio; bocche di circolazione in alto e in basso comandate da valvole regolabili; strato coibente applicato sull'estradosso del supporto in elementi di laterizio alveolato.

a. Struttura della parete vetrata: telaio portante per parete vetrata in legno verniciato.
b. Parete vetrata.
c. Anta mobile.
d. Intercapedine d' aria.
e. Elemento di parete: laterizio a pasta alveolata.
f. Giunti: malta idraulica per muratura.
g. Bocche per la circolazione dell'aria.
H. Valvola di regolazione della bocca di emissione. -Strato di finitura e tinteggiatura: rivestimento plastico.

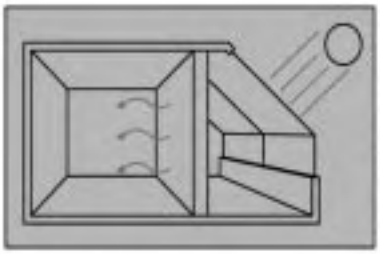
Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato







Tipologia di progetto:.....**edilizia residenziale**
Progettista:.....**P. Carmine**
Luogo:...../../..... **(Italia)**



Tipologia dell'intervento: serra a guadagno indiretto

Funzionamento energetico

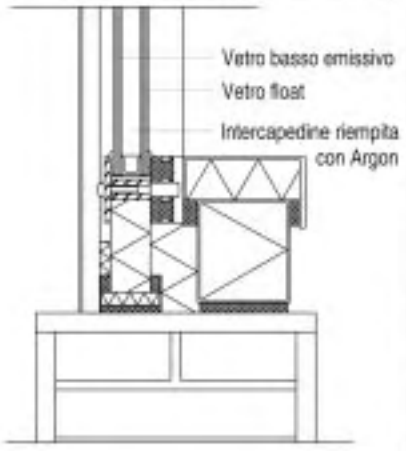
Questo sistema di serra è classificabile come sistema a guadagno indiretto. In questa tipologia bioclimatica la radiazione solare incidente non viene trattenuta ed utilizzata direttamente dallo spazio abitativo ma sfruttata sotto forma di calore ceduto da masse termiche interposte tra l'ambiente e la serra. In pratica, nel caso specifico analizzato, le masse termiche sono rappresentate dai muri del perimetro dell'edificio e dal pavimento del cortile. Naturalmente per sfruttare al meglio l'inerzia termica del suolo, questo è stato pavimentato con coperture di colore scuro, il massetto che lo sostiene è stato adeguatamente isolato (nel contatto contro-terra) e nello spessore sono stati inseriti i tubi dell'impianto di riscaldamento dell'acqua.

Legenda

1. Traversa in alluminio preverniciato
2. Vetrata isolante con doppia intercapedine di aria disidratata
3. Fermavetro ad incastro in profilato di alluminio preverniciato
4. Tenda di oscuramento in materiale tessile naturale, di colore chiaro
5. Sistema di avvolgimento tenda con molla metallica estraibile e comando di bloccaggio del sistema attivabile tramite cavi plastici azionabili da terra
6. Collegamento in plastica
7. Trave portante in acciaio (tubolare da 160 mm.) trattata con vernice ignifuga
8. Profilo in alluminio a taglio termico
9. Sigillante elastomerico a base siliconica
10. Distanziatore in plastica
11. Profilo in alluminio a taglio termico
12. Isolamento termico in trucioli di sughero inseriti all'interno tramite sistemi ad aria compressa.

Vetrata isolante 6(12 Ar)6

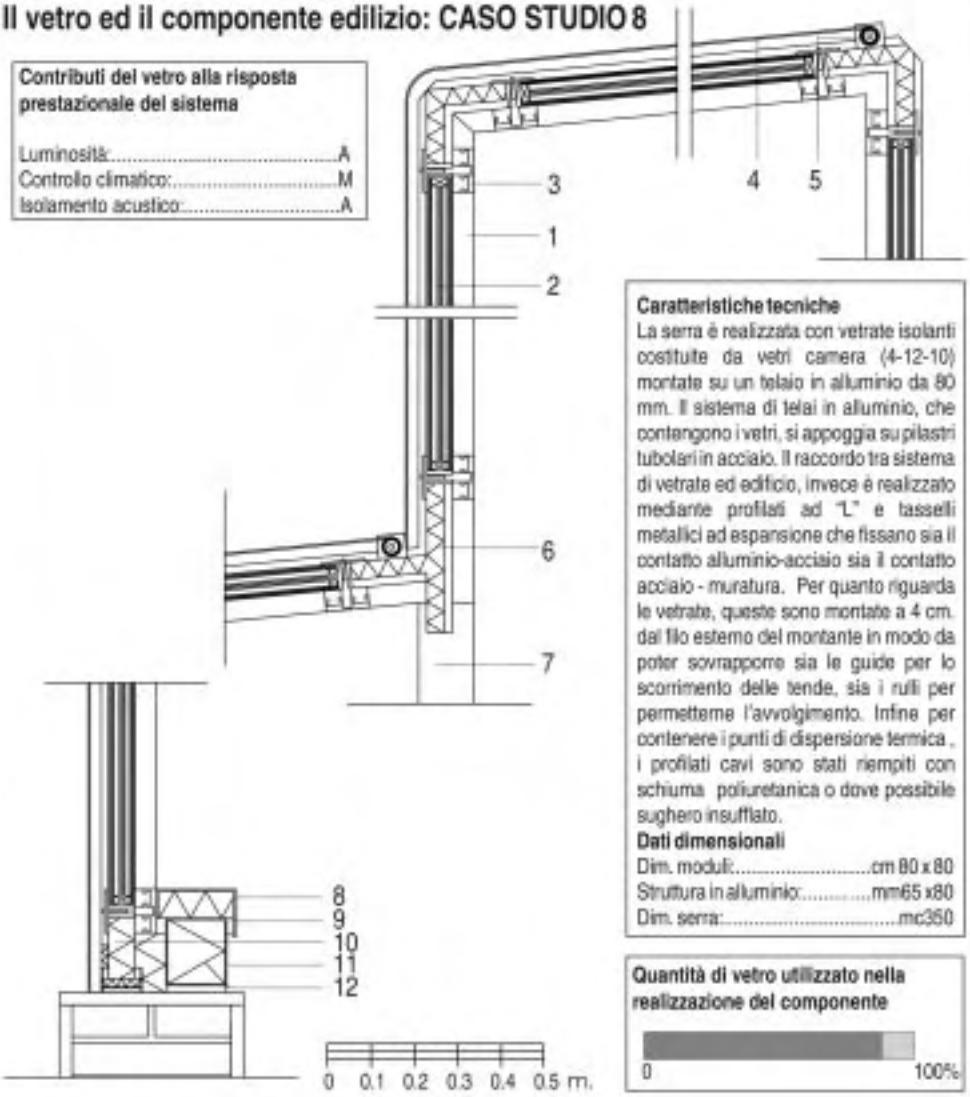
Peso	20 Kg/mq
Valore U	2,8W/mq °K
Indice di rid. Acustica RW	35 db
Fattore solare g	0.82
Fattore energetico TI	16%



Il vetro ed il componente edilizio: CASO STUDIO 8

Contributi del vetro alla risposta prestazionale del sistema

Luminosità:.....A
Controllo climatico:.....M
Isolamento acustico:.....A



Caratteristiche tecniche

La serra è realizzata con vetrate isolanti costituite da vetri camera (4-12-10) montate su un telaio in alluminio da 80 mm. Il sistema di telai in alluminio, che contengono i vetri, si appoggia su pilastri tubolari in acciaio. Il raccordo tra sistema di vetrate ed edificio, invece è realizzato mediante profilati ad "L" e tasselli metallici ad espansione che fissano sia il contatto alluminio-acciaio sia il contatto acciaio - muratura. Per quanto riguarda le vetrate, queste sono montate a 4 cm. dal filo esterno del montante in modo da poter sovrapporre sia le guide per lo scorrimento delle tende, sia i rulli per permetterne l'avvolgimento. Infine per contenere i punti di dispersione termica, i profilati cavi sono stati riempiti con schiuma poliuretanica o dove possibile sughero insufflato.

Dati dimensionali

Dim. moduli:.....cm 80 x 80
Struttura in alluminio:.....mm65 x80
Dim. serra:.....mc360

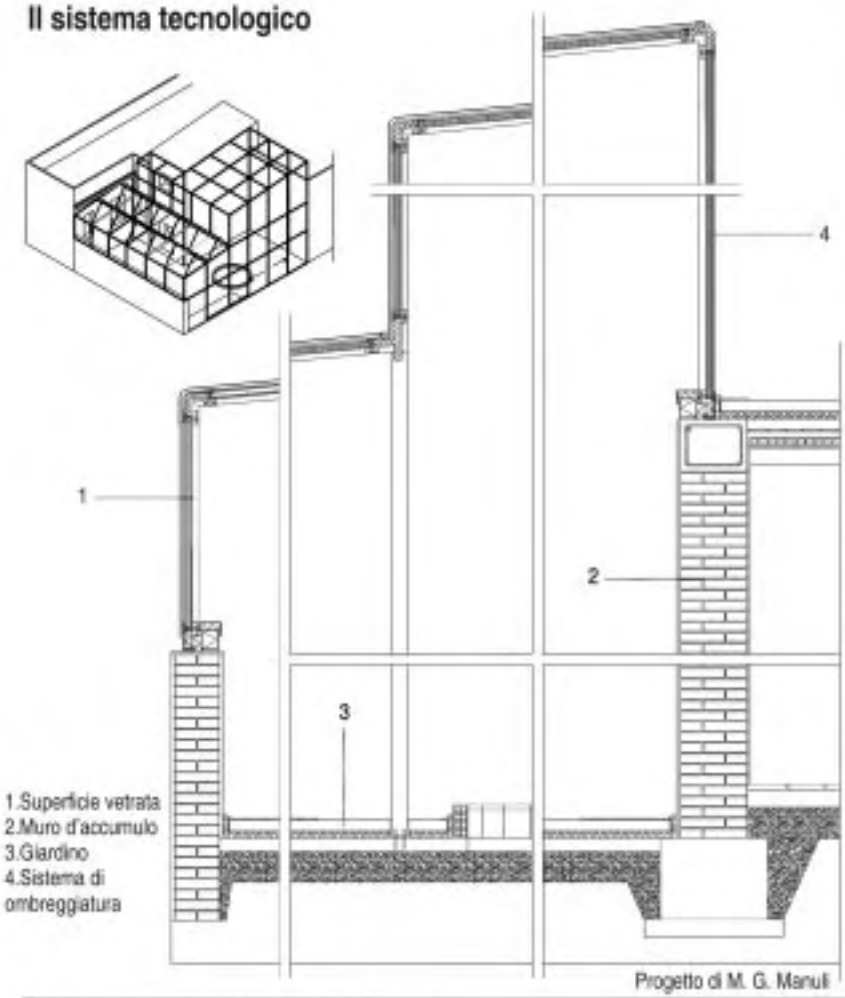
Quantità di vetro utilizzato nella realizzazione del componente

Vetrate isolanti: alternative utizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est.:basso emissivo Vetro int.:float **4(12)4**	V. est.:c.solare basso emiss. Vetro int.:float **6(12Ar)6**	V. est.:stratif. (Pell. Pvb) V. int.:float **8(12)44.1**
Peso	Kg/mq	14	20	29
Valore U	W/mq °K	2.1	1.4	2.8
Valore UV (tuv)	%	28	22	26
Coeff.shading	W/mq °K	0.57	0.62	0.80
Fattore luminoso	TI	0.76	0.61	0.80
Fattore solare	g	0.75	0.82	0.17
Fattore energetico Te	%	42	48	13
Prestazioni		Controllo termico: *** Controllo luminoso *** Sicurezza: **	Controllo termico: **** Isol. Acustico: **** Sicurezza: **	Controllol termico: ** Controllo luminoso: ** Sicurezza: *****

Il progetto: trasformazione di un cortile in una serra solare

Il sistema tecnologico

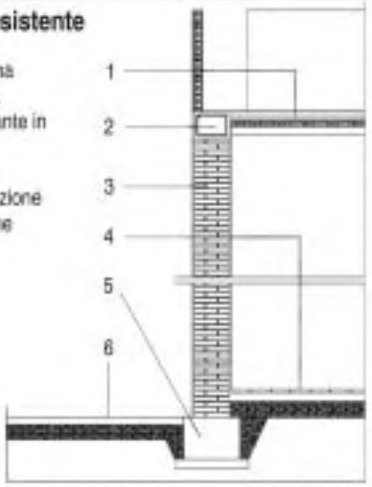


1.Superficie vetrata
2.Muro d'accumulo
3.Giardino
4.Sistema di ombreggiatura

Progetto di M. G. Manuli

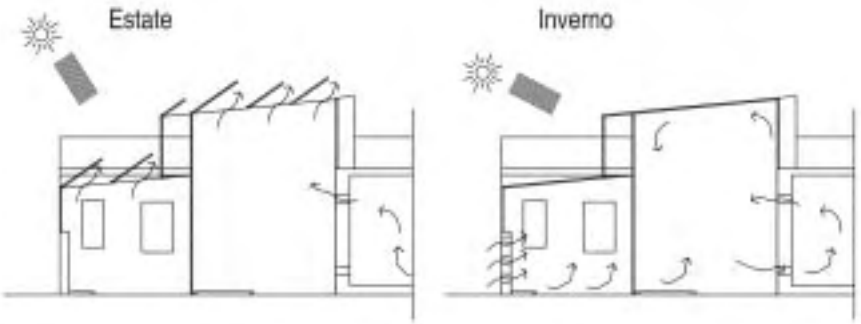
Situazione esistente

1.Copertura piana
2.Cordolo in c.a.
3.Muratura portante in mattoni pieni
4.Solaio di terra
5.Plinto di fondazione
6.Pavimentazione esterna in cls.



L'edificio presenta una distribuzione planimetrica ad "L" con i due lati interni esposti a sud - ovest e quelli esterni a nord -est. Inoltre i lati interni si affacciano su un cortile pavimentato in cemento mentre quelli esterni si aprono direttamente su una strada dalla larghezza ridotta. Questi aspetti ambientali aiutano ad individuare le principali pressioni ambientali sull'edificio: presenza di vibrazioni, specialmente sui lati a nord-est; ridotto apporto luminoso dalle finestre poste sui lati esterni; elevato surriscaldamento delle pareti interne alla zona cortile; Elevato apporto calorico del pavimento del cortile. Riguardo ai materiali utilizzati va sottolineato che tutti i muri perimetrali dell'edificio sono in muratura portante mentre la copertura è realizzata con un tetto piano. Dal punto di vista tecnologico i dati desunti si traducono in alcune linee guida per la realizzazione del miglioramento energetico: La possibilità di coprire il cortile con un giardino d'inverno; la realizzazione di uno spazio all'aperto ombreggiato per il periodo estivo; l'utilizzo dei muri per funzioni di accumulo termico.

Funzionamento energetico del sistema



Descrizione del sistema

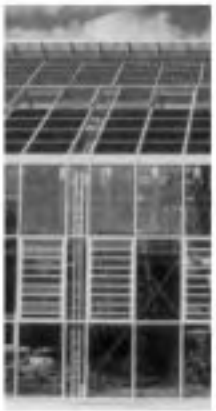
L'incidenza del sistema tecnologico aggiunto è evidente sia nel periodo invernale che in quello estivo.
In estate grazie all'ombreggiamento che porta a buona parte del perimetro soleggiato dell'edificio evita fenomeni di surriscaldamento sia delle pareti che del tetto; Inoltre l'apertura delle ante in vetro consente sia di aumentare la circolazione di aria all'interno e contemporaneamente (grazie all'apertura a vasistas di quelle poste sul tetto) la captazione della brezza estiva. Nel periodo invernale invece chiudendo tutte le parti in vetro, ed alzando le tende si ottengono incrementi di temperatura considerevoli. Questi si mantengono anche nel periodo notturno grazie alla presenza di ampie zone d'accumulo termico e superfici vetrate ad alto isolamento termico.

Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato



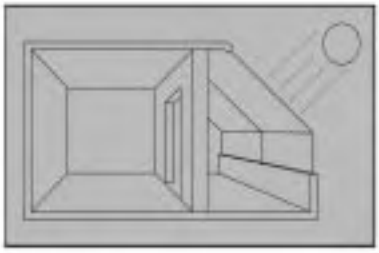
Tipologia di progetto:.....**edilizia residenziale**
Progettista:.....**Lacaton e Vassal**
Luogo:.....**Floriac (Francia)**







Tipologia di progetto:.....**centro ricerche**
Progettista:.....**ufficio tecnico interno**
Luogo:.....**Eckernforde**



Tipologia dell'intervento: serra addossata a guadagno misto

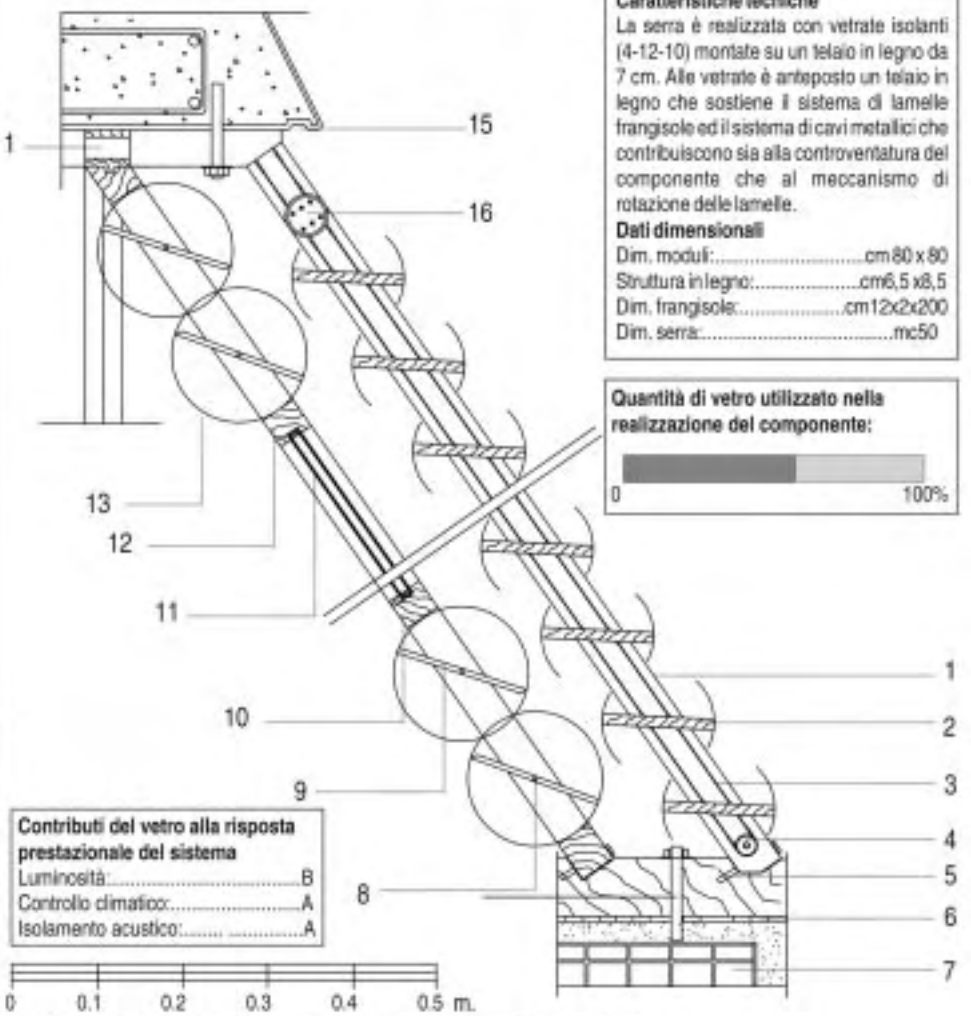
Funzionamento energetico

La presenza all'interno della serra di un'ampia finestra ma anche di superfici murarie considerevoli, insieme alla scelta distributiva di non adibire lo spazio climatico considerato per ambienti funzionali classifica questa serra in modo intermedio. Precisamente viene definita sistema a guadagno misto. Il motivo è legato alla compresenza del funzionamento diretto ed indiretto; infatti se da un aspetto la radiazione solare riscalda direttamente componenti degli spazi limitrofi (la radiazione colpisce direttamente il pavimento della stanza attigua) dall'altro l'irraggiamento delle pareti interposte tra serra ed ambienti interni ne assimila il funzionamento ed anche gli effetti a quello delle serre a guadagno indiretto.

Legenda

1.Telaio in legno verniciato con preservanti ad impregnazione
2. Frangisole in doppio strato di legno montato con fibre incrociate ed unito a freddo
3.catene di rotazione in metallo
4.Sistema di rotazione frangisole con rocchello metallico azionabile manualmente o tramite rotore elettrico
5.Barra filettata in acciaio per il fissaggio al controtelaio
6.Isolante(anti ponte termico)
7.Pignatta in laterizio
8.Bullone di fissaggio frangisole
9.Lamella in vetro temperato con guarnizioni in neoprene
10.Montante in legno da 65 mm.
11.Vetrata isolante
12.Fermavetroin legno
13.Zona d'ingombro frangisole
14.Canale di areazione
15.Gocciolatoio
16.Ruota fissa di tiraggio

Il vetro ed il componente edilizio: CASO STUDIO 9



Caratteristiche tecniche

La serra è realizzata con vetrate isolanti (4-12-10) montate su un telaio in legno da 7 cm. Alle vetrate è anteposto un telaio in legno che sostiene il sistema di lamelle frangisole ed il sistema di cavi metallici che contribuiscono sia alla controventatura del componente che al meccanismo di rotazione delle lamelle.

Dati dimensionali

Dim. moduli:.....cm 80 x 80
Struttura in legno:.....cm6,5 x8,5
Dim. frangisole:.....cm12x2x200
Dim. serra:.....mc50

Quantità di vetro utilizzato nella realizzazione del componente:

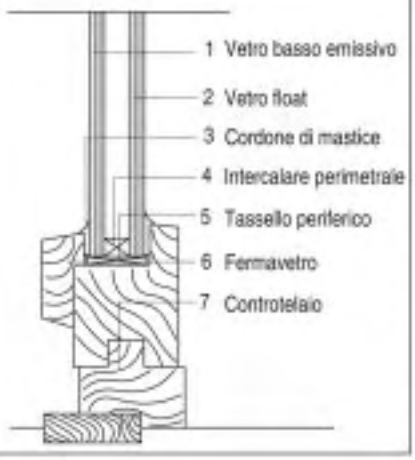
0 100%

Contributi del vetro alla risposta prestazionale del sistema

Luminosità:.....B
Controllo climatico:.....A
Isolamento acustico:.....A

Vetrata isolante 8 (12)8

Peso	28 Kg/mq
Valore U	1,6W/mq °K
Indice di rid. Acustica RW	37 db
Fattore solare g	0.84
Fattore energetico TI	44%

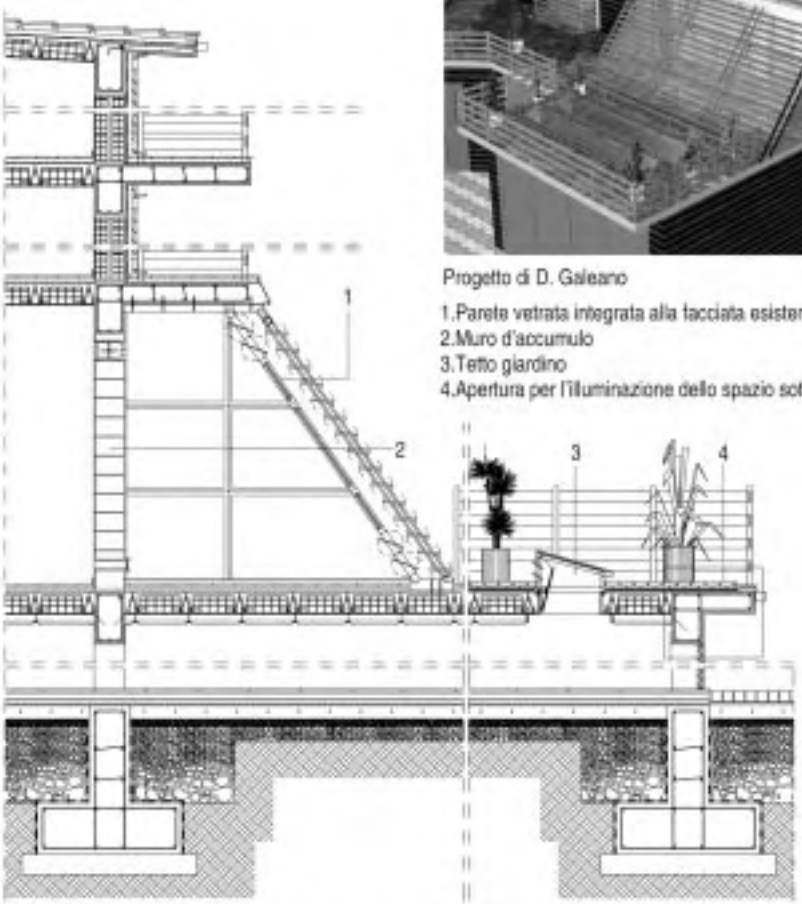


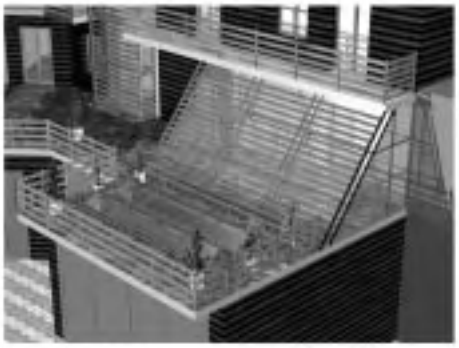
Vetrate isolanti: alternative utizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est.:basso emissivo Vetro int.:float	Vetro est.:basso emissivo Vetro int.:float	V. est.: basso emissivo V. int.:float
		6(10)4	**6(12Ar)6**	**8(12)8**
Peso	Kg/mq	20	20	28
Valore U	W/mq °K	1.9	1.4	1.6
Valore UV (tuv)	%	24	22	25
Coeff.shading	W/mq °K	0.65	0.62	0.65
Rid. liv. Acustico RW	db	34	33	37
Fattore solare	g	0.57	0.82	0.84
Fattore energetico Te	%	49	48	44
Prestazioni		Controllo termico: *** Isol acustico: *** Sicurezza: **	Controllo termico: ***** Isol acustico: *** Sicurezza: ***	Controllol termico: **** Isol acustico: **** Sicurezza: ****

Il progetto: la trasformazione di una terrazza in serra solare

Il sistema tecnologico





Progetto di D. Galeano

1.Parete vetrata integrata alla facciata esistente
2.Muro d'accumulo
3.Tetto giardino
4.Apertura per l'illuminazione dello spazio sottostante

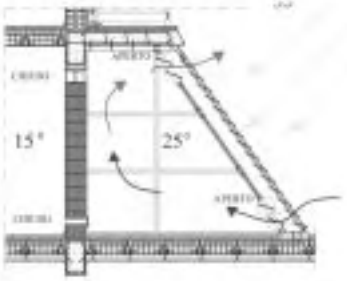
Situazione esistente



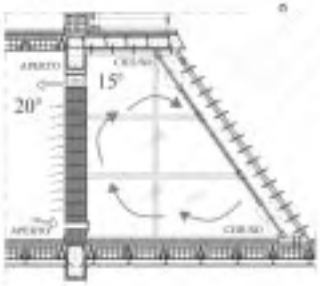
L'edificio si sviluppa secondo la direttrice nord-sud e presenta due fronti cechi e due finestrati. Sul lato sud, al primo piano, si apre anche una terrazza che per dimensione e inappropriato isolamento termico rappresenta uno dei punti di maggiore dispersione termica nel periodo invernale. Altro punto di dispersione è il vano scala, non adeguatamente protetto. La positiva risposta energetica dell'edificio è compromessa anche dalla direzione del vento che, in inverno fornisce una sovraesposizione sfavorevole alle superfici murarie a sud riducendo sensibilmente la temperatura delle pareti. Ulteriore pressione antropica è costituita dall'intensità del traffico che passa a ridosso dell'edificio con livelli di inquinamento acustico considerevoli.

Funzionamento energetico del sistema

Estate



Inverno



Descrizione del sistema

Il funzionamento del sistema si modifica al variare delle condizioni climatiche sia esterne che interne. Per questo sono distinguibili due tipologie di funzionamento e due componenti fondamentali: ampie superfici vetrate e un sistema orientabile di frangisole. Durante il periodo invernale le superfici vetrate sono direttamente esposte alle radiazioni solari (i frangisole sono orientati in maniera parallela ai raggi solari) e le lamelle vetrate poste in basso ed alla sommità della vetrata vengono tenute chiuse. Nel periodo estivo le lamelle vetrate vengono aperte, così come le ante scorrevoli dei lati corti della serra; i frangisole, invece, vengono orientati in modo da intercettare la radiazione solare e favorire l'ombreggiamento della serra. Anche il muro retrostante presenta delle parti mobili poste alla base ed alla sommità della parete. Quelle in basso, in estate, vengono tenute chiuse mentre le bocche in alto si lasciano aperte (per consentire la fuoriuscita dell'aria calda stratificata a ridosso dell'intradosso del solaio) mentre in inverno vengono tenute aperte in modo da consentire la circolazione convettiva dell'aria.

Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato



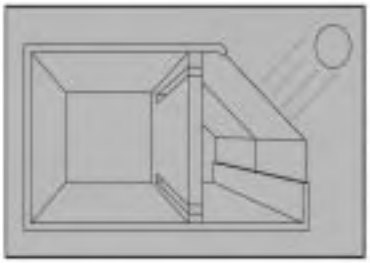


Tipologia di progetto:.....**edilizia residenziale**
Progettista:...../...../.....
Luogo:.....**Sonnenackerweg, Friburgo (Germania)**





Tipologia di progetto:.....**edilizia residenziale**
Progettista:...../...../.....
Luogo:.....**Lindenwalde, Friburgo (Germania)**



Tipologia dell'intervento: serra ventilata

Funzionamento energetico

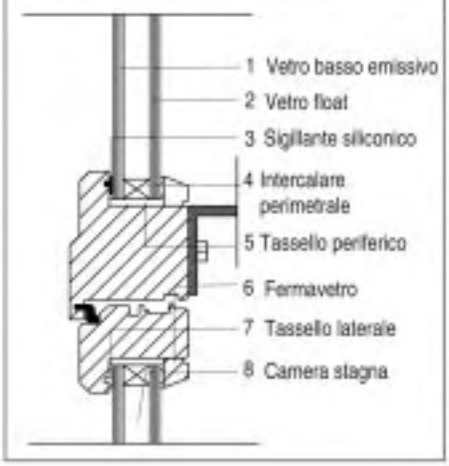
Le serre ventilate fanno parte della categoria delle serre a guadagno indiretto. Questo ambiente infatti non è direttamente accessibile dagli spazi limitrofi e di conseguenza non presenza aperture che consentano l'irraggiamento di componenti degli spazi interni. Viceversa, è completamente esposto alla radiazione solare il muro limitrofo che di conseguenza vista la notevole inerzia termica acquisita (l'intervento progettuale ha interessato anche l'inspessimento del muro con mattoni pieni) rilascia all'interno molta dell'enegia accumulata durante le ore diurne. La presenza di particolari aperture poste sia in basso che nella parte alta della parete servono ad incrementare lo scambio termico; infatti così facendo viene movimentata una massa d'aria molto più ingente e di conseguenza oltre allo scambio termico per irraggiamento si verifica anche quello per convezione.

Legenda

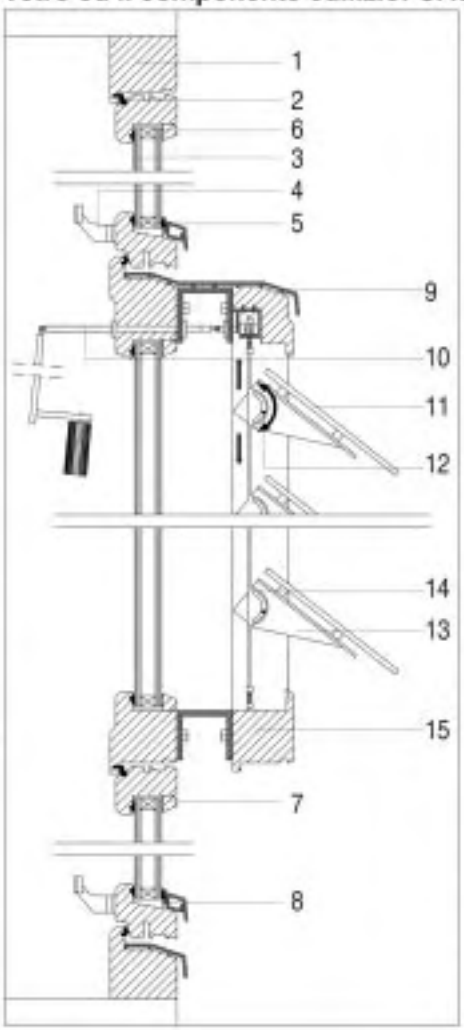
1. Telaio in legno verniciato
2. Guarnizione di battuta in elastomero
3. Vetrata isolante con intercapedine
4. Comando del sistema di chiusura in lega di ottone e pomello rivestito in gomma
5. Sigillante in gomma a base siliconosa
6. Tassello spaziatore e di appoggio vetro in elastomero con incavo interno per l'alloggiamento dei sali disidratanti
7. Fermavetro in legno trattato con inpregnanti antimarciscenza
8. Fermavetro in metallo
9. Scossalina metallica di protezione ed impermeabilizzazione del componente
10. Asta di comando dei frangisole per il movimento manuale del sistema
11. Pannello schermante in legno di abete
12. Asse di rotazione in acciaio
13. Profilato in acciaio zincato e verniciato
14. Elemento guida per lo scorrimento
15. Telaio in legno verniciato

Vetrata isolante 4 (12Ar) 4

Peso	14 Kg/mq
Valore U	1,7W/mq °K
Indice di rid. Acustica RW	30 db
Fattore solare g	0.80
Fattore energetico TI	16%



Il vetro ed il componente edilizio: CASO STUDIO 10



Caratteristiche tecniche

Il Telaio è realizzato con profili in legno con spessore di 45mm, essiccato e trattato con preservanti ad impregnazione.

Le giunzioni fra i profili sono realizzate meccanicamente con bulloni e viti.

La traversa inferiore del telaio fisso è protetta da un profilo in lega metallica leggera trattata per esterni.

Il pannello costituito da due lastre di vetro tra loro unite al perimetro in modo da ottenere camera con aria disidratata o gas speciale (Spes. totale 14mm).

La maniglia di manovra è in lega di ottone fissata all'infisso tramite viti. Le sigillature vengono effettuate tramite materiale a base elastomerica.

Lo stesso materiale viene usato per il tassello posto tra vetro e telaio negli infissi. Il tassello svolge la funzione di permettere il giusto posizionamento, evitare il contatto vetro scanalature e ripartire il peso della vetrata. (spess. minimo 5mm, lunghezza minima 12,5mm.).

Dati dimensionali

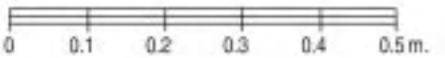
Dim. moduli: cm 80 x 80
Struttura in legno: cm8 x8
Dim. frangisole: cm18x0,6x120
Dim. Veranda: mc30

Quantità di vetro utilizzato nella realizzazione del componente



Contributi del vetro alla risposta prestazionale del sistema

Luminosità: M
Controllo climatico: A
Isolamento acustico: M

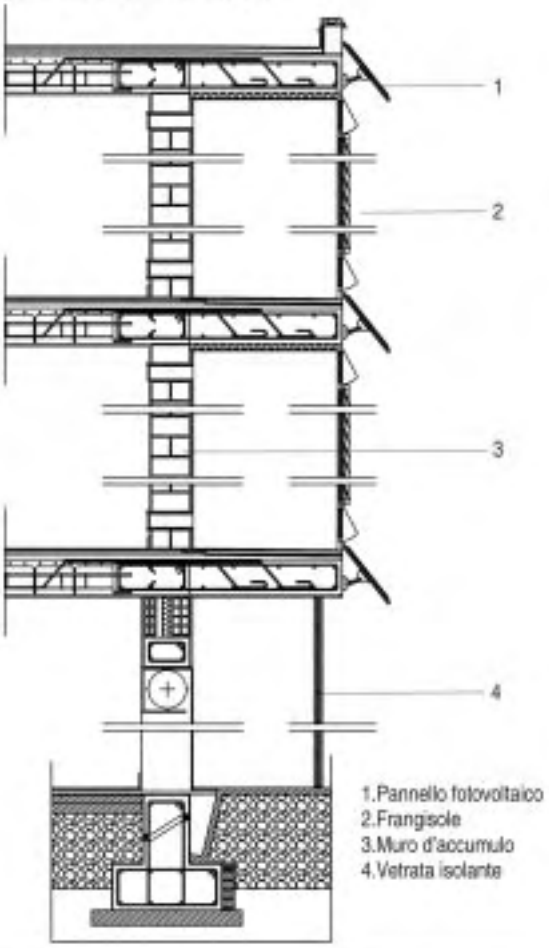


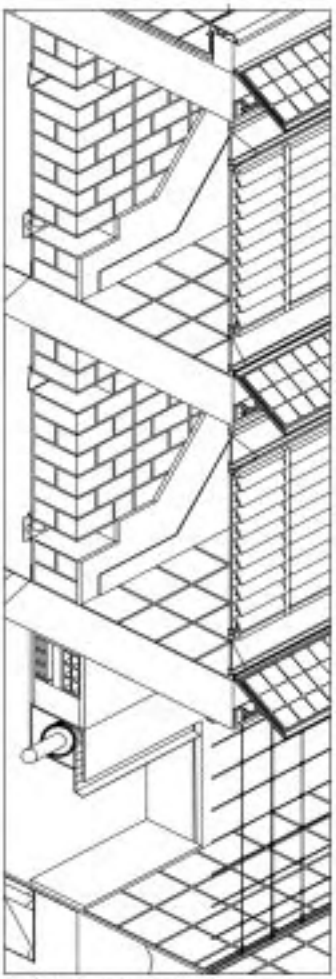
Vetrate isolanti: alternative utilizzabili nel progetto

Vetrate isolante composizione		Vetro est.:basso emissivo / Vetro int.:float	Vetro est.:basso emissivo / Vetro int.:float	V. est.: Basso emissivo / V. int.:float
		4(12)4	**4(12Ar)4**	**6(12)6**
Peso	Kg/mq	14	14	20
Valore U	W/mq °K	2.1	1.7	1.6
Valore UV (tuv)	%	28	24	22
Coeff.shading	W/mq °K	0.57	0.60	0.62
Rid. liv. Acustico	RW db	28	30	32
Fattore solare	g	0.75	0.80	0.82
Fattore energetico Te	%	42	46	48
Prestazioni		Controllo termico: *** Isol acustico: *** Sicurezza: **	Controllo termico: ***** Isol acustico: *** Sicurezza: **	Controllo termico: ***** Isol acustico: **** Sicurezza: ****

Il progetto: trasformazione di un balcone coperto in una veranda a rendimento energetico migliorato

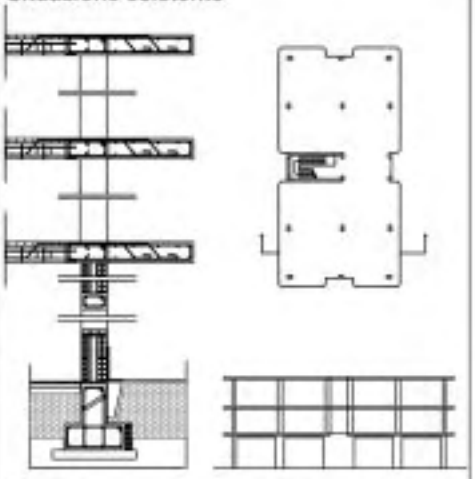
Il sistema tecnologico





Progetto di F. Sangregorio

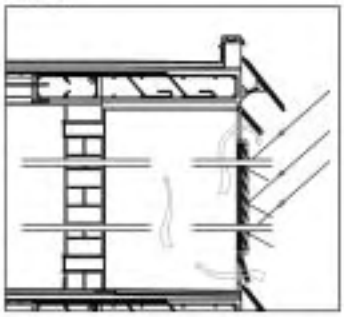
Situazione esistente



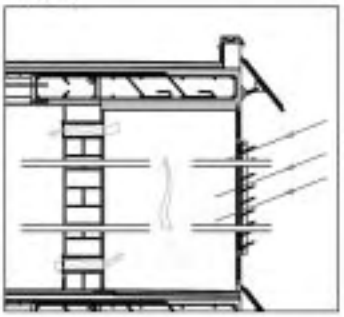
L'edificio ha forma rettangolare allungata con le facciate sud e nord che rappresentano i lati maggiori. La sua destinazione d'uso è residenziale e presenta quattro appartamenti per piano. La dimensione contenuta delle unità residenziali rappresenta uno dei problemi rilevati (come evidenziato dagli stessi proprietari degli immobili che per far fronte alla mancanza di spazio chiedono di poter utilizzare i balconi come verande). Inoltre i due fronti sono stati trattati in maniera indifferente senza tenere conto né del maggiore carico termico presente a sud né della pressione sonora indotta sul medesimo fronte dal transito veicolare della strada che lo lambisce. Altra caratteristica ambientale poco considerata è la ventilazione dell'edificio sia alla scala dell'unità residenziale, sia nel comportamento complessivo del volume edilizio rispetto ai venti prevalenti della zona.

Funzionamento energetico del sistema

Estate



Inverno



Descrizione del sistema

Il sistema funziona in modo differente nel periodo estivo rispetto a quello invernale. Questa capacità selettiva è ottenuta da tre elementi principali: il frangisole anteposto alla vetrata, il muro con bocchette apribili e le due ante apribili, collocate in cima ed alla base della vetrata. In inverno per ottimizzare il funzionamento è consigliabile orientare i frangisole in modo da consentire il passaggio dei raggi del sole e aprire le valvole situate all'interno del muro d'accumulo. In estate invece il raffrescamento è perseguibile con l'ombreggiamento della vetrata (frangisole orientati in posizione chiusa) e con l'apertura delle ante della vetrata in modo da incrementare la ventilazione interna della veranda. Anche le valvole poste nel muro vengono movimentate in maniera diversa a seconda della stagione: in estate si tengono aperte quelle superiori in modo da consentire la circolazione trasversale all'interno, mentre in inverno si aprono anche quelle inferiori in modo da favorire i movimenti convettivi e permettere lo scambio termico con lo spazio serra.

Esempi di applicazioni del sistema tecnologico utilizzato





Tipologia di progetto:.....edilizia residenziale
Progettista:.....Tomaso e Brigitta Zanoni
Luogo:.....Bezenheid, St. Gallen (Svizzera)







Tipologia di progetto:.....edilizia residenziale
Progettista:.....P. Krusche, R. Meissner
Luogo:.....Haidausen, (Monaco di baviera)

CHIUSURA VERTICALE ESTERNA in bottiglie di vetro sovrapposte
Casa Wobo (World Bottle Project), Noordwijk, Olanda

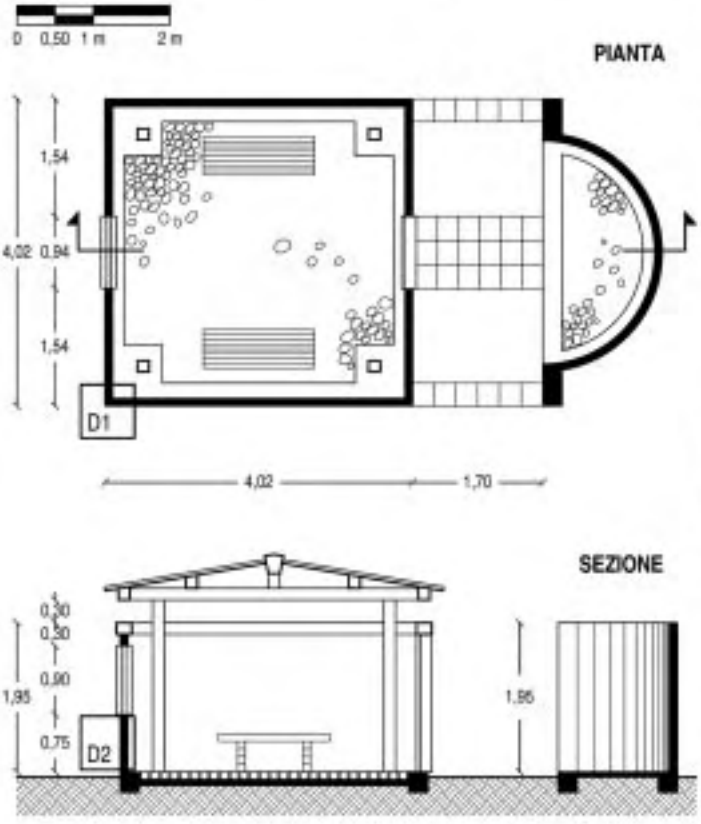


Progettista: arch. John Habraken
Anno di realizzazione: 1965
Committente: Alfred Heineken

La casa WOBO è il risultato di una sperimentazione congiunta effettuata nei primi anni '60 tra l'industria produttrice di bottiglie in vetro per il marchio Heineken e il mondo della progettazione architettonica, con l'obiettivo di riprogettare il contenitore per l'omonima bevanda cosicchè, una volta svuotato, potesse essere riutilizzato come mattone da costruzione.
La bottiglia di birra Heineken standard da 300 ml, sottoposta a prove di rottura, dimostrò di resistere in posizione verticale ad una pressione di 50 Kg/m² - valore comunemente richiesto dalla maggior parte dei regolamenti edilizi - e di perdere oltre la metà della sua resistenza se appoggiata su un lato. Impressionato dall'elevata resistenza delle bottiglie in posizione verticale l'architetto Habraken cominciò con un disegno di connessione laterale delle stesse, che ne avrebbe consentito l'uso secondario a secco, senza ricorrere a malta nè a collanti. Il primo prototipo, realizzato in legno, aveva una sezione a losanga con incavi sui lati per accogliere i colli delle bottiglie che vi si sarebbero incastrate a corsi sfalsati. Non si fecero in questa fase previsioni sulla soluzione d'angolo a 90° dei muri così fatti perchè si pensò che questi sarebbero stati curvi o muniti di supporti lignei. Alla fine l'idea dell'assemblaggio a secco in verticale fu abbandonata per cui Habraken optò per una bottiglia che avesse i fianchi piatti, così da elevarne la resistenza alla forze di rottura agli standard richiesti, e che potesse essere assemblata in orizzontale. Sulle facce appiattite di tale bottiglia furono praticati dei piccoli incavi tondeggianti per aumentare la presa della malta, mentre i fondi furono conformati ad incavo semisferico per accogliere il collo della bottiglia adiacente. Incastrate e sovrapposte a corsi sfalsati, le bottiglie sarebbero state giuntate con malta di cemento e silicone.





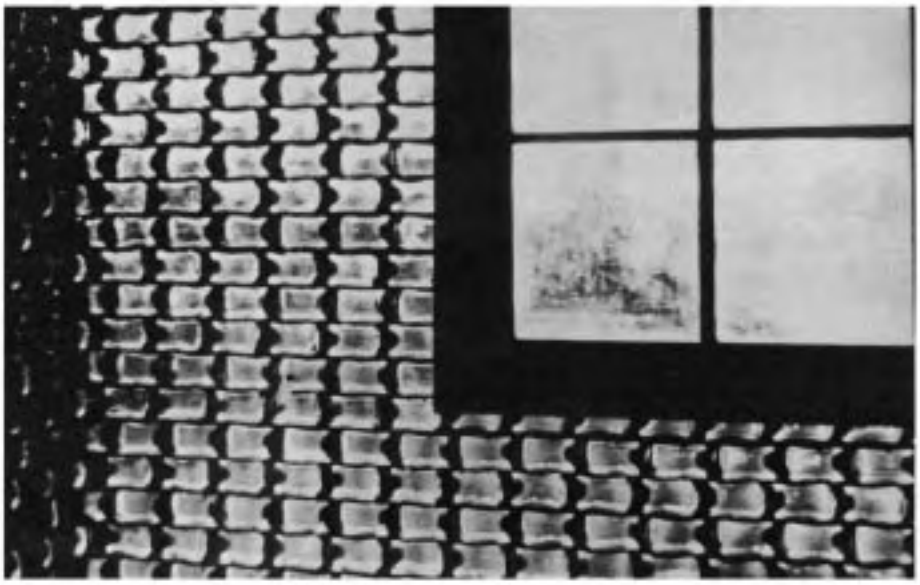


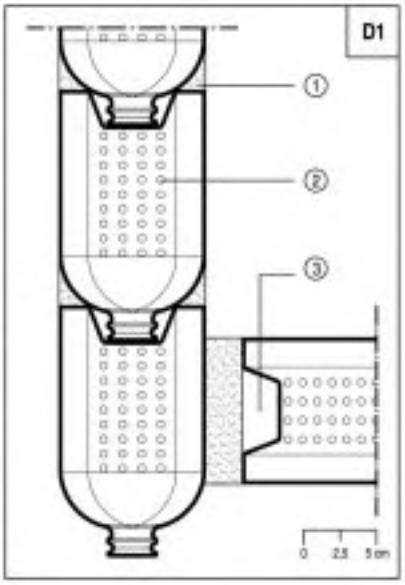




ASPETTI ENERGETICO-AMBIENTALI				
CALORE	LUCE	ACQUA-ARIA	MATERIALI	RICICLO-ENERGIA
- pareti trasparenti, a captazione solare diretta	- pareti interamente vetrate - finestre non schermate - parte esterna parzialmente vetrata	- ventilazione incrociata - displuvio dell'acqua piovana lungo le falde dei tetti	- bottiglie - telai in legno - laniere ondulate - montanti o traversi strutturali in acciaio	- risparmio energetico per riutilizzo di bottiglie recuperate con funzione di mattoni

ASPETTI SOCIO-AMBIENTALI			
FRUIBILITA'	BENESSERE	SICUREZZA	QUALITA' SOCIALE
- distribuzione orizzontale	- comfort termo-igrometrico - luce diffusa - benessere psicologico e percettivo	- aggiunta di silicone alla malta per aumentare l'adesione tra le bottiglie	- presenza di spazi esterni di relazione









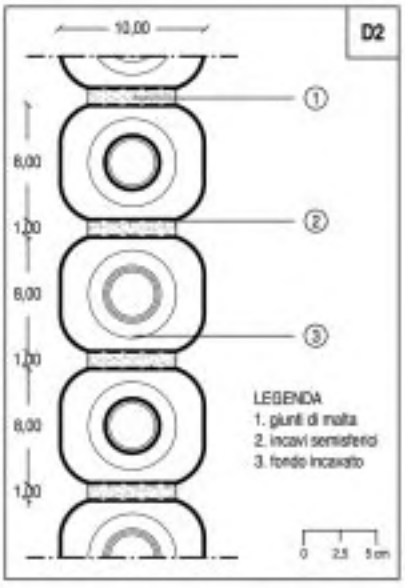
ASPETTI TECNICO-AMBIENTALI

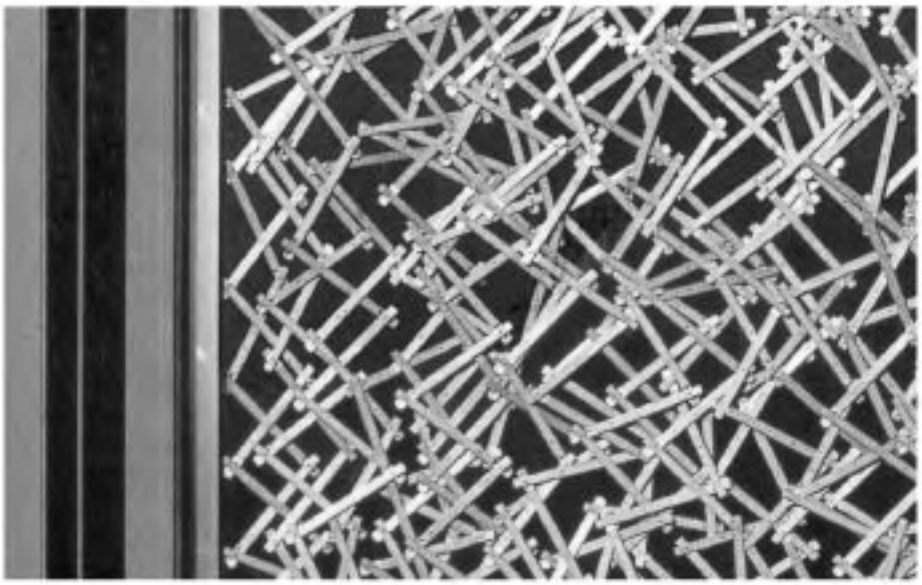
DESCRIZIONE
Bottiglie di birra Heineken appositamente disegnate e prodotte per promuoverne l'uso secondario come mattoni da costruzione e denominate WoBo, acronimo di World Bottle Project.

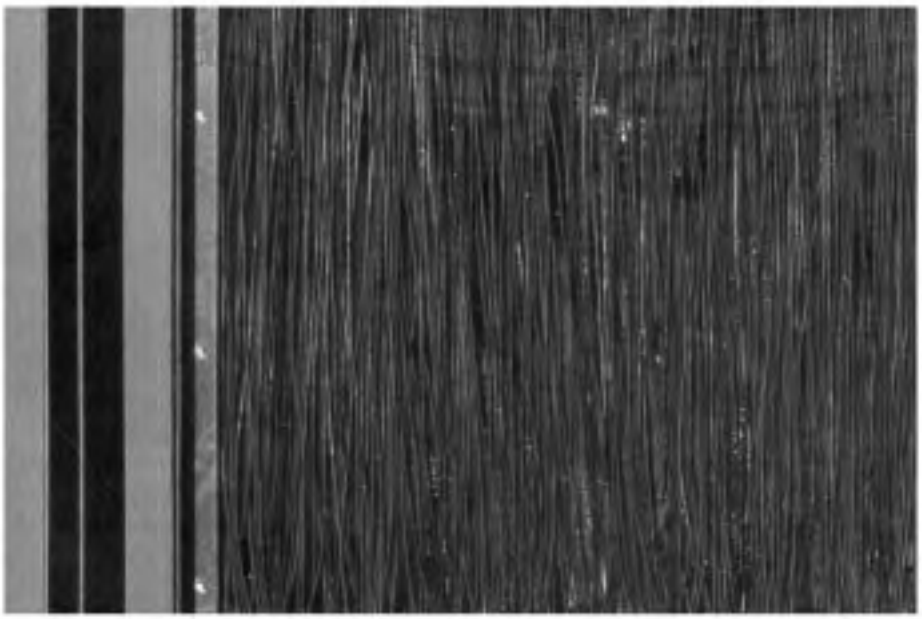
IMPIEGO
Muri esterni.

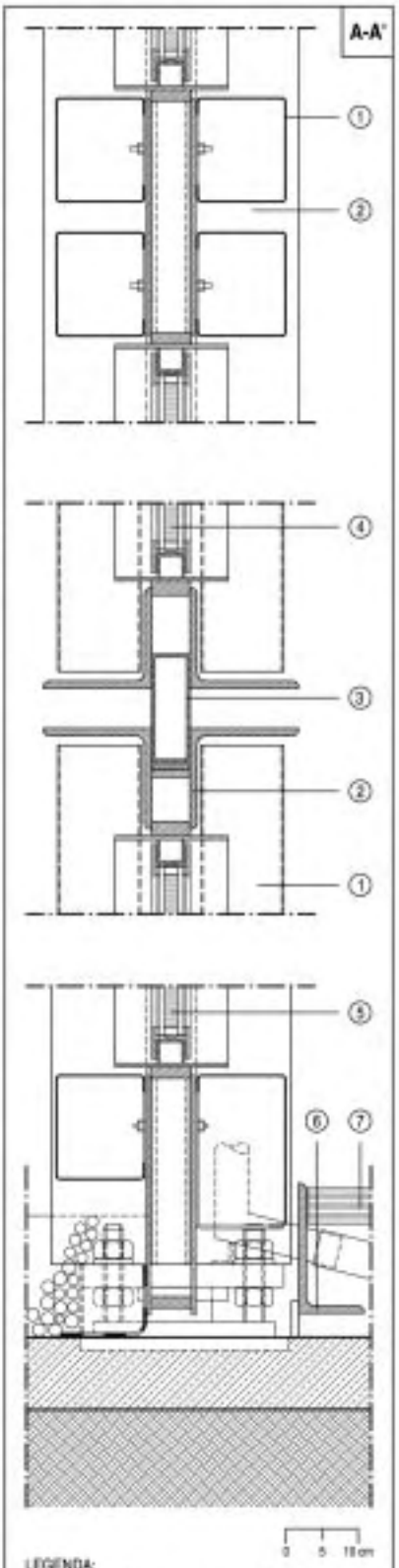
TECNICA COSTRUTTIVA
Le bottiglie vengono sovrapposte a corsi sfalsati sulle facce piatte, dotate di piccoli incavi semisferici per favorire l'aderenza della malta, e incastrate in sequenza con il collo dell'una dentro l'incavo semisferico presente sul fondo dell'altra.

CARATTERISTICHE TECNICHE
- le bottiglie vengono fissate reciprocamente mediante malta di cemento e sabbia con aggiunta di silicone;
- la soluzione d'angolo dei muri è risolta sovrapponendo le bottiglie come si fa solitamente in una casa tradizionale con muri esterni in tronchi di legno, cioè con le estremità dei colli fuoriuscenti dal filo della parete;
- i muri possiedono una discreta massa termica e un buon potere isolante, grazie alla presenza d'aria all'interno delle bottiglie;
- i giunti di malta, monitorati per anni, non hanno mostrato segni di rotture o cedimenti.









LEGENDA:
1 - rivestimento formato da quattro profilati a C 1560/129/2 mm
2 - pilastro formato da quattro profilati in acciaio a L 150/150/10 mm
3 - profilato scatolare 150/50/4 mm
4 - pannelli in vetro
5 - riempimento in materiali di scarto
6 - profilato in acciaio ad L 180/90/10 mm
7 - pavimento in tavole di legno di quercia, sp. 15 mm

ASPETTI TECNICO-AMBIENTALI

DESCRIZIONE

Moduli vetrati con intercapedine d'aria riempita di oggetti d'uso comune, quali bulloni, chiodi, cassette musicali, doppidecimetri, lampadine, e di materiali come foglie secche, rami, trucioli di ferro.

IMPIEGO

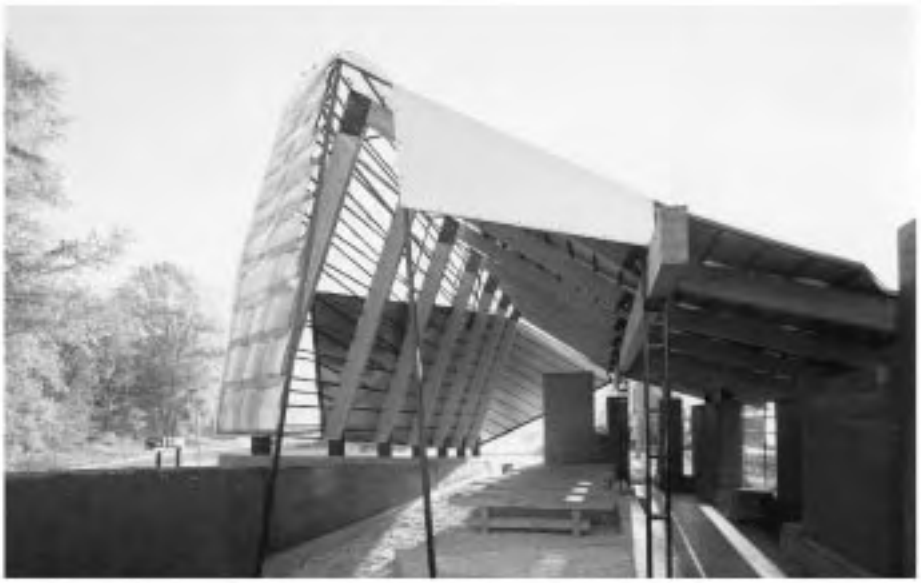
Pareti perimetrali del chiostro.

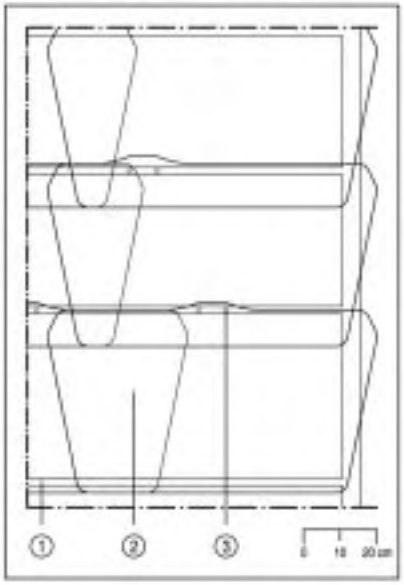
TECNICA COSTRUTTIVA

I materiali meno consistenti e densi quali foglie, trucioli, doppidecimetri vengono distribuiti all'interno dell'intercapedine in modo disordinato, consentendo così il passaggio dei raggi solari e determinando zone retrostanti con livelli di illuminamento più alti; quelli più compatti quali cassette musicali, rami, viti, lampadine, invece, vengono disposti in modo regolare così da schermare i raggi solari, creando zone di luce tenue e diffusa.

CARATTERISTICHE TECNICHE

- la presenza di questi materiali non convenzionali sulla facciata di un edificio gli conferisce una dimensione estetico-artistica assolutamente inaspettata e originale;
- i vetri dei moduli così tamponati risultano, inoltre, irrigiditi, ulteriormente isolati, oltre che schermanti rispetto alla radiazione solare.









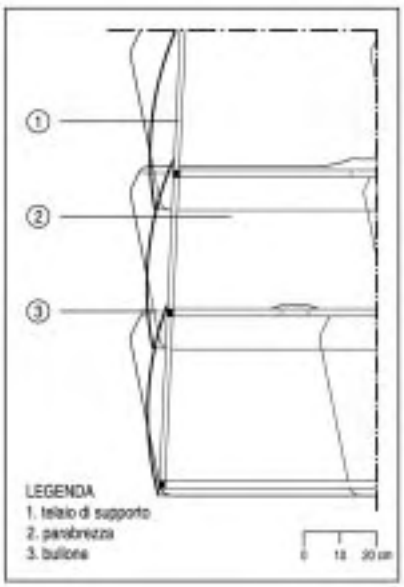
ASPETTI TECNICO-AMBIENTALI

DESCRIZIONE
Finestrini e parabrezza di berline GMC del 1980 recuperati da un deposito di rottami di Chicago e riutilizzati per costruire la copertura vetrata della navata laterale esterna.

IMPIEGO
Copertura e chiusura verticale esterna.

TECNICA COSTRUTTIVA
I finestrini e i parabrezza sono parzialmente sovrapposti l'uno all'altro e bullonati sia alla copertura retrostante in fogli di alluminio che al leggero telaio metallico di supporto. Quest'ultimo è ancorato a terra e ai muri perimetrali mediante piastre in acciaio e, nel contempo, incastrato alla struttura principale in legno lamellare.

CARATTERISTICHE TECNICHE
- la copertura vetrata assume un inconsueto aspetto a "squame di pesce" che scaturisce dalla sovrapposizione dei finestrini;
- lo spazio semi-esterno della navata laterale si configura come una sorta di serra aperta, proteggendolo da vento e pioggia, ma favorendo, al tempo stesso, la circolazione naturale d'aria;
- alcuni finestrini posti lungo la fascia al di sopra dei muri perimetrali, più bassa delle altre, sono stati montati inclinati, perchè, diversamente, sarebbe stato necessario tagliarli.



FACCIATA VENTILATA in teche di vetro riempite con tagli di tronco
Casa unifamiliare, Ebesberg, Germania



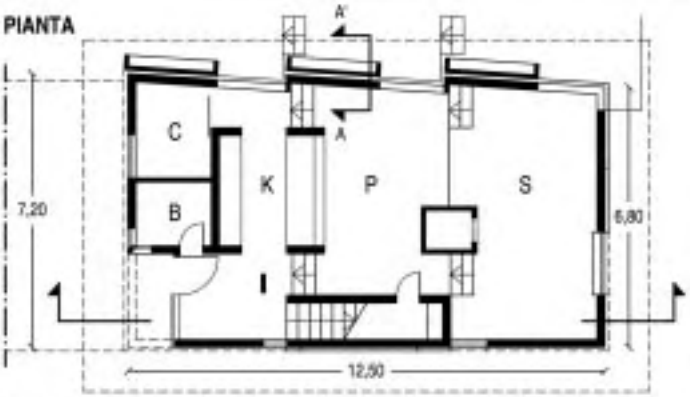
Progettisti: arch. U. Gassner, P. Zarecky
Anno di realizzazione: 2002
Committente: privato

Questa casa si inserisce in un'area rurale di recente urbanizzazione interpretando soluzioni ed elementi tradizionali in modo innovativo, alla ricerca di un'integrazione ambientale, storica e naturale il più possibile originale e attiva. Il fabbricato appare, infatti, come un oggetto imperscrutabile, celato dietro un'epidermide matericamente e tecnologicamente differenziata tra i due fronti principali:
- quello settentrionale, verso la strada, è rivestito con sottili listelli lignei verticali, verniciati di grigio, il cui ritmo e le cui dimensioni variano di tanto in tanto svelando le vetrate retrostanti o i pannelli con funzione di imposte fatti della stessa texture;
- quello meridionale, verso il bosco, risulta tripartito in un'alternanza scalata di pieni e vuoti, dove i primi sono rappresentati da una parete ventilata con funzione di accumulo solare passivo, mentre i secondi sono rappresentati da porte-finestre in legno con vetricamera isolanti.
In particolare, il fronte a sud si compone di tre fasce verticali, per metà opache e per metà trasparenti, ruotate di pochi gradi verso sud allo scopo di ricevere un'ottimale esposizione ai raggi solari. I grandi serramenti, apribili a scorrimento nell'intercapedine laterale, costituiscono la principale fonte di luce, aria, calore per l'abitazione. Le bande piene sono, invece, risolte attraverso l'accostamento retroventilato alla parete esterna di spesse teche a tutt'altezza, stipate di ciocchi di legna accatastati e sigillate da lamelle di cristallo. Oltre a fornire un buon isolamento all'involucro esse hanno valenza comunicativa e retorica: entrano, infatti, in risonanza con il paesaggio boschivo antistante e contestualizzano in modo non banale una costruzione altrimenti ordinaria.

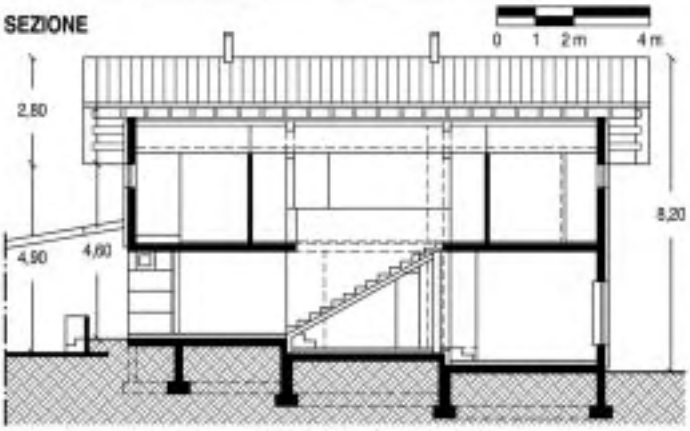




PIANTA



SEZIONE



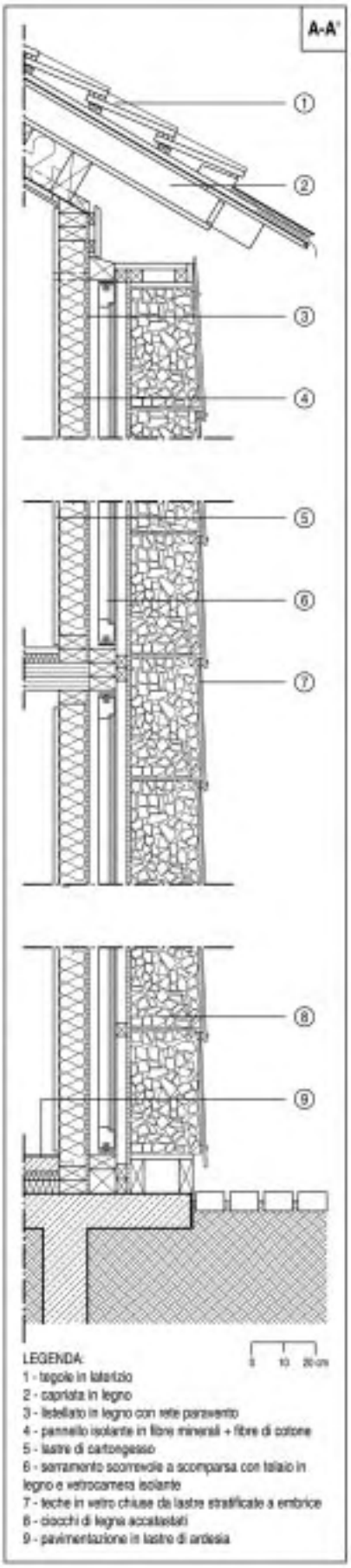


ASPETTI ENERGETICO-AMBIENTALI				
CALORE	LUCE	ACQUA-ARIA	MATERIALI	RISCALDAMENTO
- accumulo solare passivo - controllo della radiazione solare attraverso listelli lignei	- ampie vetrate a tutta altezza sul fronte sud - lucernari sul tetto	- circolazione naturale attraverso gli infissi - smaltimento dell'acqua piovana attraverso grondo e pluviali	- legno in laterizio - vetro - pannelli in legno - lastre di ardesia - lastre di carborgesso	risparmio energetico per - accumulo solare passivo - utilizzo di pannelli termoisolanti

ASPETTI SOCIO-AMBIENTALI			
FRUIBILITA'	BENESSERE	SICUREZZA	QUALITA' SOCIALE
- distribuzione orizzontale - distribuzione verticale tramite scale e ascensore	- comfort termo-igrometrico - illuminazione naturale diretta - ventilazione incrociata	- utilizzo di vetro stratificato per le campate trasparenti sul fronte sud	- presenza di spazi interni ed esterni d'incontro e per il relax







LEGENDA:
1 - tegole in laterizio
2 - caprlata in legno
3 - listellato in legno con rete parawento
4 - pannello isolante in fibre minerali + fibre di cotone
5 - lastre di cartongesso
6 - serramento scorrevole a scomparsa con telaio in legno e vetrocamera isolante
7 - teche in vetro chiuse da lastre stratificate a embrice
8 - ciocchi di legna accatastati
9 - pavimentazione in lastre di ardesia

ASPETTI TECNICO-AMBIENTALI

DESCRIZIONE
Teche a tutta altezza in vetro, riempite con tagli di tronchi d'albero, sigillate da lamelle di cristallo stratificate ad embrice e bullonate tra loro.

IMPIEGO
Facciata ventilata esposta a sud.

TECNICA COSTRUTTIVA
Le teche sono alloggiate all'interno di vani rivestiti in legno, sporgenti dai muri esterni, di cui costituiscono una sorta di doppia pelle. Esse sono fissate alle pareti retrostanti di tali vani mediante listelli lignei che creano così un'intercapedine areata, all'interno di cui sono ospitate le ante delle porte scorrevoli.

CARATTERISTICHE TECNICHE
- il vetro favorisce il passaggio della radiazione solare, mentre i ciocchi di legna ammassati realizzano una struttura dotata della massa necessaria ad accumulare il calore così immagazzinato all'interno delle teche;
- la legna contribuisce anche a provvedere un certo isolamento all'involucro, fornito principalmente dalla tamponatura fatta di listellati di legno e lastre di cartongesso, con interposto isolante a base di fibre minerali e di cotone;
- i ciocchi di legna sono stridi della segagione dei tronchi, dunque materiale di risulta recuperato e riusato.

Le facciate a doppio involucro vetrato

Marco Strickner (a cura)

LA TECNOLOGIA DELLE FACCIATE A DOPPIO INVOLUCRO: CARATTERISTICHE GENERALI E ASPETTI ENERGETICO-PRESTAZIONALI

Marco Strickner

La ricerca tecnologica applicata alla produzione edilizia, sotto la spinta degli obiettivi di sostenibilità ambientale ormai imprescindibili per lo sviluppo dei sistemi insediativi e strettamente interdipendenti dal comportamento energetico dell'edificio, sta conducendo verso una differente interpretazione e più complessa concezione dell'involucro edilizio. Alla frontiera di separazione tra ambienti indoor/outdoor è infatti oggi attribuita, oltre alla funzione di partizione esterna, una specifica funzione di mediazione dei flussi ambientali esterni: l'involucro non è più un semplice diaframma di separazione che definisce spazi confinati, le cui condizioni ambientali andranno poi a regolarsi attraverso l'ausilio di sistemi impiantistici e tecnologici specificamente preposti, bensì è una "membrana attiva" che attraverso il suo funzionamento interattivo con gli spazi interni ed esterni definisce la qualità del comfort ambientale indoor ancor prima dei sistemi impiantistici specificamente dedicati che offriranno, semmai, una funzione di ausilio o di correzione di quei parametri ambientali comunque non ottimali (parametri di ordine microclimatico, visivo, acustico, ecc.). In questa direzione la ricerca tecnologica e la sperimentazione hanno portato alla definizione di sistemi e componenti integrati con l'involucro edilizio: le tecnologie solari attive e passive, in particolare, hanno raggiunto un livello di integrazione con le strutture di involucro molto elevato, fino a far corrispondere lo stesso componente tecnologico bioclimatico con l'elemento di separazione ambientale e di partizione esterna. È il caso, ad esempio, delle facciate-collettore realizzate con pannelli solari ad aria, funzionanti secondo il principio del "camino solare" in grado di approvvigionare termicamente, attraverso flussi di aria calda, gli spazi abitati.

In una concezione uniformante del rapporto di integrazione e reciproca interazione tra facciata edilizia e componente tecnologico-bioclimatico, l'intero involucro edilizio, soprattutto in riferimento alle tipologie a facciata continua, diviene un grande collettore solare il cui sistema è riferibile in rapporto all'intero edificio e non più parzializzato al funzionamento locale di ciascun componente.

In quest'ottica negli ultimi anni si è sperimentata, soprattutto negli edifici del settore terziario - con una diffusione a volte poco giustificabile in rapporto alle specificità climatiche - la tipologia di facciata con doppio involucro vetrato, costituita da due superfici vetrate separate da uno spazio-intercapedine nel quale hanno luogo movimenti d'aria convettivi che concorrono a definire, in rapporto alle loro modalità di funziona-



Figura 1: Ludwig Mies van der Rohe, "Progetto per la torre della stazione della FriederichstraBe", Berlino, 1921-22



Figura 2: W. Gropius, "Padiglione della Bauhaus", Dessau, 1926

mento, il comportamento energetico-bioclimatico del sistema e la qualità del comfort ambientale interno.
Le facciate trasparenti a doppio involucro vetrato riprendono e si riconducono concettualmente a quella "smaterializzazione" dell'involucro edilizio volta a rendere visivamente interconnesso l'edificio con il contesto urbano che erano proprie delle sperimentazioni progettuali condotte sin dagli anni '20 da alcune correnti architettonico-culturali che si delineavano attraverso i progetti di architetti come W. Gropius e Mies van der Rohe e che recepivano la necessità di riformulare il rapporto tra *esterno ed interno* stabilendone le connessioni ed i limiti di reciproca separazione o integrazione. Nelle opere di Mies van der Rohe il processo di costruzione dell'involucro, il percorso dall'esterno all'interno, si smaterializza fino a delineare una possibile coincidenza dei due termini conseguente alla ridefinizione dei limiti di separazione. L'involucro edilizio viene così a dissolversi, ponendo l'ambiente confinato in stretta comunicazione visiva e percettiva con l'esterno, in condizioni di stretta interazione con i flussi ambientali ed energetici.
La soluzione tecnologica della facciata vetrata monostrato si è però presto dimostrata "prestazionalmente debole", evidenziando inevitabili limiti di efficienza energetica dovuti alle eccessive dispersioni termiche invernali a causa di valori di trasmittanza di gran lunga maggiori rispetto a quelli propri di una parete tradizionale in muratura, nonché alle necessità di condizionamento conseguenti al surriscaldamento estivo indotto dall'effetto serra.
Altra problematica della facciata vetrata continua monostrato è rappresentata dalla difficoltà, a causa degli evidenti inconvenienti di manutenzione dovuti all'esposizione esterna degli elementi, di adottare sistemi di schermatura esterna in grado di impedire (prima che il sole "entri") la captazione solare da parte delle superfici vetrate.
Infatti, per evitare il surriscaldamento conseguente all'effetto serra provocato dalla presenza delle vetrate, occorre intercettare i raggi solari prima che questi raggiungano le superfici vetrate: una schermatura interna risulta tale solamente nei confronti della radiazione luminosa ma, ovviamente, non impedisce l'effetto serra, e il conseguente innalzamento della temperatura indoor, inevitabile una volta che la radiazione solare abbia oltrepassato il vetro.
L'utilizzo di facciate trasparenti del tipo a doppio involucro, affermatosi negli ultimi anni soprattutto per gli edifici destinati ad uffici, sembra consentire la risoluzione di gran parte delle problematiche evidenziate per le facciate continue monostrato. L'utilizzo di queste facciate, costituite da due superfici trasparenti separate da una intercapedine in cui fluisce una portata d'aria naturale o forzata ed in cui di norma è contenuta la schermatura solare, viene valutato favorevolmente per i vantaggi di cui esse possono essere portatrici: risparmio energetico, elevate prestazioni di protezione acustica nei confronti del rumore urbano, miglioramento del comfort termico, ottimale sfruttamento della luce naturale. In fase invernale è chiaro che i valori di trasmittanza della facciata "a doppio involucro" non sono paragonabili a quelli offerti da una semplice vetrata, sia pure composta da vetri speciali (basso emissivi, isolanti, ecc.), ma sono condizionati dalla presenza di uno strato d'aria caratterizzato da temperature più elevate rispetto a quelle degli ambienti esterni ed interni. In linea di principio si hanno rendimenti energetici invernali elevati, dovuti sostanzialmente al fatto che il doppio involucro vetrato non si limita ad offrire un comportamento energetico legato alla diminuzione dei valori del coefficiente globale di trasmissione del "pacchetto", bensì realizza un comportamento attivo, basato sulla produzione di flussi termici all'interno dell'intercapedine in grado di aggiungere, al contenimento dei consumi energetici (dovuto alle caratteristiche di trasmittanza dell'involucro), la possibilità di utilizzare l'energia solare per produrre calore e conferire all'edificio un guadagno termico naturale.

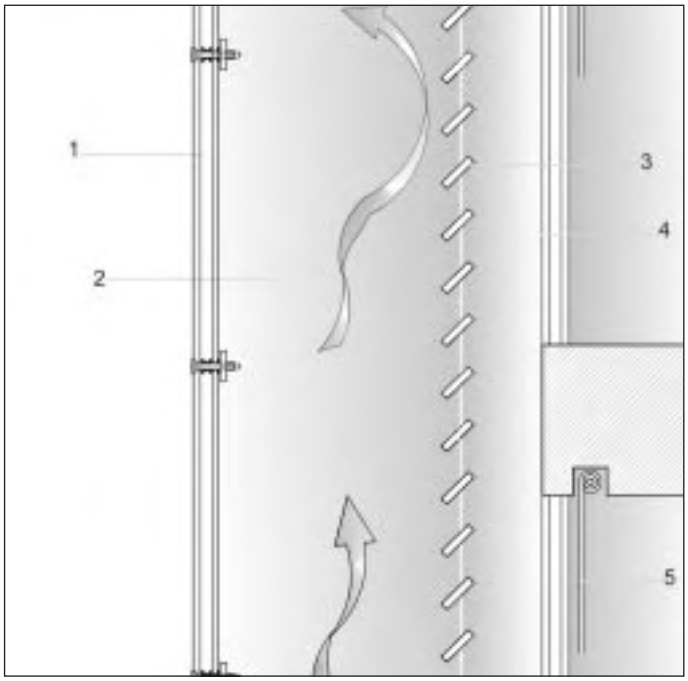


Figura 3: Schematizzazione degli "strati funzionali" componenti un sistema di facciata a doppio involucro vetrato

Il doppio involucro vetrato consente, inoltre, l'inclusione degli apparati schermanti all'interno dell'intercapedine tra le due facciate vetrate, evitando l'esposizione agli agenti atmosferici dei componenti di protezione solare e consentendo lo smaltimento del calore da questi accumulato attraverso la ventilazione dell'intercapedine.

Caratteristiche tecnico-costitutive del sistema a doppio involucro

Sostanzialmente il sistema di facciata a doppio involucro vetrato consta di cinque fondamentali "strati funzionali" *(figura 3)*:

1. Superficie vetrata esterna
2. Intercapedine ventilata
3. Sistema di protezione solare
4. Superficie vetrata interna
5. Sistema di oscuramento e controllo luminoso interno

1. Superficie vetrata esterna

Ha la funzione primaria di captazione dell'energia solare e di determinazione dell'effetto serra all'interno dello spazio intercapedine. Dalle sue caratteristiche fisiche e tecnologiche dipende la quantità di calore dispersa per trasmissione verso l'esterno e quindi il livello di temperatura all'interno dell'intercapedine. Assolve, nel contempo, alle funzioni di involucro tipiche dei rivestimenti esterni a protezione dagli agenti atmosferici.
Le vetrate possono essere fisse o mobili in funzione delle specificità tecnologiche del sistema.

2. Intercapedine ventilata

Caratterizzata da spessori variabili, generalmente dai 20 ai 150 cm (anche oltre nel caso assuma la connotazione in un vero e proprio ambiente di transizione tra interno ed esterno), assolve alla funzione di "spazio solare", ovvero di serra solare in grado di generare flussi termici e di determinare una sorta di spazio cuscinetto ("buffer space") tra spazi indoor/outdoor.
Ha il ruolo fondamentale di garantire l'interscambio termico con gli spazi abitati ed in essa hanno luogo tutti quei movimenti d'aria, di natura

convettiva naturale o determinati artificialmente mediante ventilazione meccanica, fondamentali per la ventilazione degli ambienti interni e per lo smaltimento del calore in eccesso in fase estiva.

3. Sistema di protezione solare
Ha la funzione principale di schermare la vetrata interna dalla penetrazione diretta dei raggi solari, consentendo un adeguato controllo dei flussi termici e luminosi in ingresso. Può assolvere ad una funzione di assorbimento dell'energia solare, convertendola in calore sensibile e reirraggiandola all'interno dello spazio intercapedine, ciò contribuisce ad elevare la temperatura in tale spazio e ad aumentare la quantità di calore disponibile, svolgendo in pratica la funzione degli elementi di assorbimento (in genere lastre metalliche, pannelli solari ad aria).

4. Superficie vetrata interna
Costituisce la chiusura verticale dello spazio abitato e definisce la separazione tra questo e lo spazio-intercapedine. Dalle sue specifiche caratteristiche fisiche e tecnologiche dipende la quantità di calore in ingresso, per trasmissione, negli ambienti indoor e pertanto risulta avere una diretta incidenza sui livelli termici interni agli ambienti e sulla differenza di temperatura tra l'intercapedine e gli spazi interni. Le sue specificità tecniche e tecnologiche determinano le modalità di scambio convettivo tra gli spazi abitati e l'intercapedine (vetri apribili, presenza di bocchette di scambio convettivo).

5. Sistema di oscuramento e controllo luminoso interno
Costituisce un sistema, direttamente manovrabile dall'utenza, specificamente predisposto per controllare il flusso luminoso entrante e quindi le condizioni di illuminazione naturale degli spazi abitati (soprattutto quando, per ragioni termiche, il sistema di protezione solare non può offrire una funzione di schermatura ai raggi solari).

Caratteristiche prestazionali e di funzionamento energetico-ambientale complessivo dell'edificio

Il concetto di "doppio involucro", ovvero dell'interporre una sorta di "diaframma a doppio strato" tra l'ambiente esterno, con le sue condizioni climatiche mutevoli ed in continuo cambiamento, e l'ambiente interno, adeguatamente regolato e necessitante di condizioni microclimatiche il più possibile stabili e stazionarie su livelli adeguati alle esigenze di comfort termico, igrometrico, visivo ed acustico, è un concetto con origini tutt'altro che recenti. È possibile ritrovarlo nelle tradizionali costruzioni di diverse popolazioni, dalle tende dei pellirossa americani, dotate di una doppia pelle che determinava una vera e propria cintura di regolazione climatica attorno all'involucro più interno dello spazio abitato, all'"engawa" (letteralmente "margine" o "parte al contorno") che caratterizzava il perimetro dei templi buddisti o delle tipologie residenziali unifamiliari borghesi diffuse in Giappone dal XVIII secolo (negli ultimi stadi della sua evoluzione tipo-morfologica l'"engawa" fu caratterizzata dalla presenza di elementi scorrevoli sul margine più esterno (le cosiddette "porte della pioggia") realizzati, dopo l'introduzione del vetro, anche con elementi trasparenti.
Il principio di base sul quale si fonda il funzionamento del doppio involucro fa riferimento al cosiddetto "isolamento dinamico", dovuto alla ventilazione dello spazio-intercapedine tra le due superfici interna ed esterna dell'involucro. Tale strato d'aria in movimento, indotto naturalmente o meccanicamente, realizza una vera e propria fascia di regolazione microclimatica che concorre a definire le caratteristiche di comfort ambientale indoor attenuando gli effetti dovuti all'intensità di variazione delle condizioni climatiche esterne.
Gestendo in maniera appropriata e controllata i movimenti d'aria ed i trasferimenti di energia termica ad essi connessi, è possibile attenuare le sollecitazioni dovute ai flussi ambientali esterni (di ordine climatico, acustico, luminoso) e modificarle in funzione delle condizioni ambientali indoor richieste in rapporto al periodo giornaliero o stagionale.
Gli obiettivi principali dell'utilizzazione dei sistemi di facciata a doppio involucro vetrato, in rapporto al funzionamento energetico-ambientale complessivo dell'edificio, possono essere sostanzialmente riassunti in:

- riduzione delle dispersioni termiche dell'involucro edilizio (dati sperimentali indicano una riduzione nell'ordine del 20% delle dispersioni termiche per trasmissione rispetto alle facciate continue tradizionali);
- ottimizzazione delle prestazioni energetiche dell'involucro attraverso la captazione e l'utilizzazione dell'energia solare ed il conseguente funzionamento della doppia facciata come sistema solare passivo per il guadagno termico dell'edificio;
- attenuazione del surriscaldamento dell'involucro e degli spazi confinati grazie a sistemi di schermatura inseriti nell'intercapedine (esterni, quindi, all'involucro che definisce lo spazio abitato) con la possibilità di smaltire il surplus termico attraverso appropriate modalità di ventilazione di tale spazio;
- attenuazione del disturbo acustico proveniente dall'ambiente esterno.

A livello di funzionamento generale c'è da osservare come l'assenza di massa termica nell'involucro (dovuta alla mancanza di superfici murarie realizzate in mattoni, pietra o cls) rende il calore derivante dalla trasmissione energetica di irraggiamento solare immediatamente disponibile in ambiente, senza gli effetti di "sfasamento dell'onda termica" e di "smorzamento" tipici degli involucri edilizi dotati di massa termica e di coibentazione. Ciò comporta la mancanza di un accumulo termico (consistente quando l'involucro edilizio è caratterizzato da elevata capacità termica) e, quindi, l'impossibilità di avere una fase di re-irraggiamento in ambiente dell'energia termica nel periodo di mancato contributo solare, in particolare nel periodo notturno. Tali modalità di funzionamento fanno sì che l'impiego di sistemi a doppio involucro trasparente sia maggiormente indicato negli edifici con destinazione terziaria, per uffici o servizi, il cui periodo di fruizione degli ambienti è sostanzialmente diurno e non necessita di un contributo termico anche notturno, come negli edifici residenziali che, al contrario, traggono giovamento da una fase di re-irraggiamento in ambiente del calore accumulato dalla massa termica delle strutture edilizie.
Oltre ai vincoli posti dalle destinazioni funzionali, che possono validare oppure sconsigliare l'adozione di sistemi a doppio involucro vetrato in rapporto alle problematiche appena esposte, esistono dei vincoli, del resto intuibili, di natura ambientale e di natura specificamente architettonica. I vincoli di natura ambientale fanno riferimento alle condizioni climatiche del sito di riferimento, mentre quelli architettonici sono relativi ai caratteri tipo-morfologici dell'edificio. Per quanto riguarda i vincoli dovuti alle condizioni climatiche è evidente, infatti, che alle alte latitudini l'efficienza e la convenienza del sistema a "doppia pelle" vetrata aumentano in rapporto a condizioni climatiche caratterizzate da temperature più basse, sia invernali che estive o da un numero maggiore di giorni piovosi/anno, che rende le ampie superfici vetrate utili ai fini di migliorare le condizioni di illuminazione naturale. Quanto detto fa comprendere il motivo per cui le più importanti realizzazioni facenti uso di sistemi a doppio involucro trasparente appartengano tutte alle medio-alte ed alte latitudini del nord.
Per ciò che concerne i vincoli posti dai caratteri tipo-morfologici dell'edificio, occorre sottolineare come tutti gli interventi tesi a migliorare il comportamento energetico-ambientale dell'edificio attraverso sistemi e soluzioni tecnologiche di involucro, siano fortemente dipendenti, in termini di efficienza e rendimento, dal rapporto Superficie/Volume. Per edifici la cui profondità non risulta rilevante, fino a circa 12-15 metri, l'a-

gire sull'involucro edilizio costituisce una strategia efficace poiché le condizioni interne risultano fortemente influenzate dalle prestazioni dell'involucro, data la relativa vicinanza alla frontiera esterna anche delle zone più interne dell'edificio e, tra l'altro, sarà molto più facile che le persone si trovino in prossimità delle superfici di involucro. Al contrario, per edifici con corpo di fabbrica profondo (oltre i 12-15 metri) l'influenza dell'involucro sulle condizioni indoor tende a diminuire sia in riferimento alle prestazioni energetiche che rispetto le condizioni di comfort ambientale, mentre gli apporti ed i carichi termici interni assumono una importanza maggiormente rilevante.

LA TECNOLOGIA DELLE FACCIATE A DOPPIO INVOLUCRO: ASPETTI TIPOLOGICI E TECNICO-REALIZZATIVI

Domenico D'Olimpio

In rapporto alle caratteristiche funzionali, alle modalità di funzionamento, nonché ai caratteri fisico-costitutivi dei componenti, le facciate a doppio involucro vetrato possono essere classificate secondo quattro modalità:

- in funzione delle modalità di ventilazione all'interno dell'intercapedine;
- in funzione delle modalità di comunicazione tra intercapedine d'aria e ambienti interni;
- in funzione della posizione del vetro isolante in rapporto al "pacchetto" complessivo della doppia facciata;
- in funzione della tipologia di compartimentazione dell'intercapedine.

Classificazione in funzione delle modalità di ventilazione all'interno dell'intercapedine

Le caratteristiche prestazionali delle facciate a doppio involucro vetrato variano in ragione delle specifiche modalità di ventilazione agenti nello spazio intercapedine compreso tra la vetrata interna e quella esterna. All'interno di tale spazio hanno infatti luogo movimenti d'aria ascensionali che possono essere indotti naturalmente, per effetto camino o per differenze di pressione, oppure possono essere indotti dalla prevalenza fornita da uno specifico impianto di ventilazione. Pertanto, in ragione della natura dei movimenti d'aria nell'intercapedine ventilata si potrà distinguere fra il doppio involucro con ventilazione naturale o meccanica dell'intercapedine.

Doppio involucro con ventilazione naturale dell'intercapedine

I naturali movimenti d'aria ascensionali, dovuti al riscaldamento dell'aria (l'aria calda più leggera tende a salire verso l'alto), sono alla base del cosiddetto "effetto camino" che permette di attuare una naturale ventilazione dell'intercapedine. Ciò può essere anche ottenuto, in alternativa o sinergicamente con l'"effetto camino", attraverso differenze di pressione provocate dal vento e da aperture di ingresso e di uscita opportunamente predisposte e progettate cercando di determinare aperture "di ingresso" in zone di alta pressione del vento e "di richiamo" in zone di bassa pressione, messe in relazione attraverso il condotto d'aria costituito dall'intercapedine stessa.

Nel caso di ventilazione indotta per "effetto camino" è fondamentale il riscaldamento dell'aria nell'intercapedine e dei componenti della facciata (elementi strutturali, vetri, componenti di schermatura) ad opera dell'irraggiamento solare. Tanto più è consistente il riscaldamento tanto maggiore sarà la velocità del flusso d'aria nell'intercapedine tra le superfici trasparenti.

Durante il periodo estivo l'effetto di smaltimento del calore aumenta all'aumentare dell'irraggiamento solare: maggiore è infatti l'irraggiamento solare e il conseguente riscaldamento, maggiore sarà la circolazione dell'aria in intercapedine con una più elevata quantità di calore evacuato all'esterno.

La ventilazione naturale dell'intercapedine, sia attuata attraverso "effetto camino" che mediante differenze di pressione, risulta, comunque, caratterizzata da una relativa possibilità di controllo e regolazione delle portate d'aria, fenomeno governato esclusivamente dalle condizioni ambientali esterne che potrebbe incidere sull'efficienza prestazionale del sistema in termini di rendimento costante e prevedibilità degli effetti attesi.

Doppio involucro con ventilazione meccanica dell'intercapedine

La ventilazione meccanica, attuata con l'impiego di un apposito impianto di ventilazione, determina una funzionalità bioclimatica del sistema di tipo "ibrido", ovvero non caratterizzata da un comportamento esclusivamente naturale-passivo. Se da una parte l'impiego di dispositivi meccanici ed elettrici può apparire contrastante rispetto ad un funzionamento "passivo" caratterizzato da procedimenti esclusivamente naturali, dall'altro consente una sicurezza di controllo e governo della ventilazione nell'intercapedine che un sistema naturale non può offrire. Variando la velocità dei flussi d'aria si riesce a controllare il livello prestazionale del sistema in rapporto alle sollecitazioni ambientali esterne ed al variare delle condizioni climatiche.

Inserendo dei sensori appositi risulta possibile dotare il sistema di una capacità di autoregolazione, in ragione della possibilità di regolare automaticamente, mediante i sensori, le portate d'aria in intercapedine in funzione delle temperature esterne e delle condizioni termiche richieste.

Classificazione in funzione delle modalità di comunicazione tra intercapedine d'aria e ambienti interni

Le modalità di comunicazione tra l'intercapedine e l'ambiente interno portano a distinguere due tipologie di funzionamento, a seconda che l'intercapedine sia posta direttamente in relazione con l'ambiente indoor, oppure vi sia una integrazione impiantistica specificamente preposta a mettere in comunicazione i due spazi. Si hanno pertanto due tipologie di funzionamento: la facciata a doppio involucro con funzionamento misto e la facciata a doppio involucro con funzionamento integrato.

Facciata a doppio involucro con funzionamento misto

Questa tipologia è caratterizzata da una comunicazione, tra l'intercapedine d'aria e gli ambienti interni, realizzata attraverso l'integrazione impiantistica. I flussi d'aria calda presenti in intercapedine vengono inviati ad un apposito impianto di condizionamento che provvede a distribuirli in ambiente o a disperderli all'esterno in periodo estivo. Il ricorso a tale modalità di funzionamento risulta più efficiente in rapporto alle facciate maggiormente irraggiate, ovvero quelle esposte a sud, sud-est e sud-ovest, in quanto il prelevamento e la distribuzione meccanica dei flussi d'aria riscaldati può essere maeglio garantita rispetto ad eventuali fenomeni di surriscaldamento estivo e di sperequazioni nella distribuzione dei flussi termici.

Facciata a doppio involucro con funzionamento integrato

In questa modalità gli ambienti interni vengono direttamente relazionati allo spazio intercapedine tra le due facciate vetrate. Gli ambienti interni possono scambiare direttamente aria con l'intercapedine, espellendo quella più fredda e consentendo l'ingresso diretto dei flussi di aria

riscaldati, che vanno così ad approvvigionare termicamente gli spazi confinati, o favorendo in modo diretto la ventilazione naturale degli ambienti interni. Tale modalità di funzionamento, caratterizzata quindi dall'immissione non controllata in intercapedine dell'aria "di rifiuto" degli ambienti interni, consente di ottenere livelli di temperatura negli spazi confinati maggiormente vicini ai livelli di temperatura che contraddistinguono l'interno dell'intercapedine, ma può risultare problematica in rapporto a scelte tipologiche che prevedono l'adozione, ad esempio, di un doppio involucro vetrato a "tutta superficie" (vedere più avanti "classificazione in funzione della tipologia di compartimentazione dell'intercapedine"), in quanto l'aria di espulsione degli ambienti può essere "rimescolata" e reimmessa negli stessi ambienti o negli ambienti superiori attraverso le aperture e/o le prese d'aria che regolano l'immissione dell'aria dall'intercapedine agli spazi abitati.

Classificazione in funzione della posizione del vetro isolante in rapporto al "pacchetto" complessivo della doppia facciata

A seconda del posizionamento del vetro isolante, che può essere predisposto sulla facciata più esterna dell'involucro o su quella più interna che delimita gli spazi confinati, si possono distinguere due tipologie di facciate a doppio involucro vetrato.

Facciate con vetro isolante all'esterno
Il posizionamento del vetro isolante all'esterno del "pacchetto" di involucro ha caratterizzato le prime soluzioni tecnologiche del sistema di facciata a doppio involucro vetrato. Ciò consente di aumentare l'efficienza energetica dell'edificio dovuta alle minori dispersioni termiche verso l'esterno della quantità energetica captciatalt2ssb

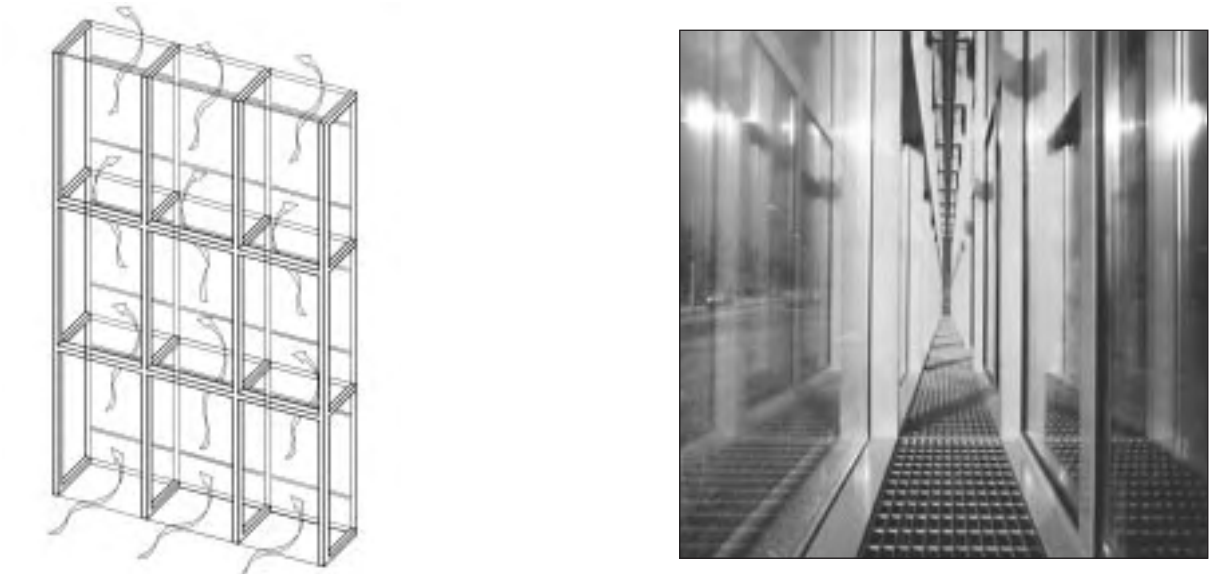


Figura 5: Schema e illustrazione del doppio involucro vetrato a "tutta superficie"

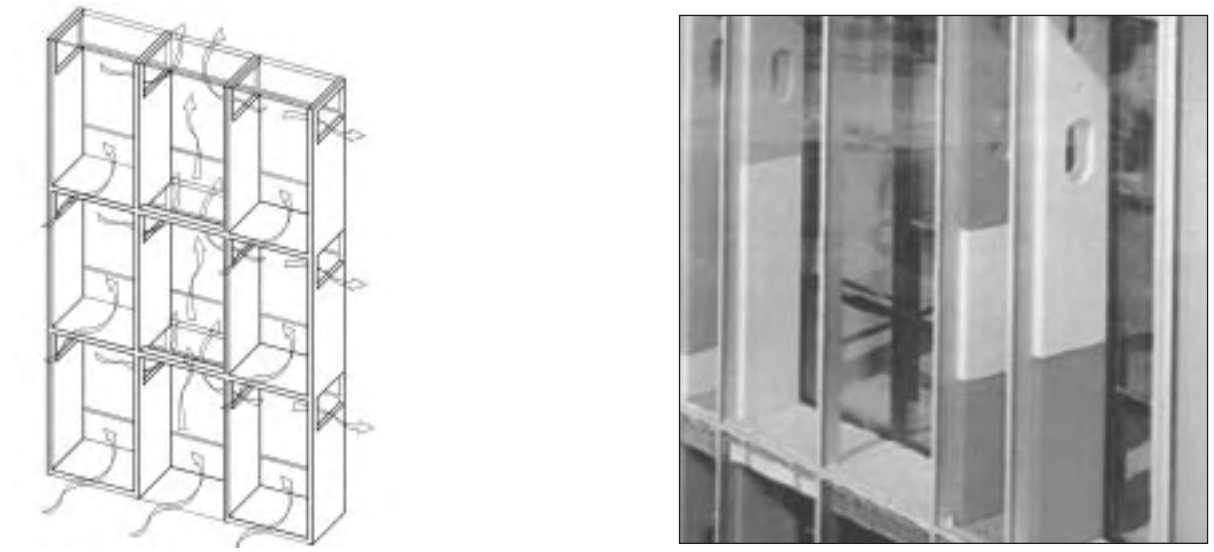


Figura 6: Schema e illustrazione del doppio involucro vetrato "a canali"

Nell'intercapedine possono essere alloggiati condotti impiantistici di varia natura, innanzitutto per l'aerazione, consentendo di liberare superficie utile negli spazi abitati ed evitando la necessità di realizzare cavedi per il passaggio dei condotti.
Le facciate continue consentono una maggiore flessibilità di organizzazione degli spazi interni in rapporto all'assenza di vincoli relativi al posizionamento delle bucature propri delle facciate edilizie tradizionali. Ne consegue anche la massima adattabilità dello spazio interno nei confronti di riadattamenti e riorganizzazioni funzionali del sistema distributivo e di partizione degli spazi.

Comfort ambientale indoor

Si riferisce a tutti quegli aspetti specifici del benessere ambientale che possono essere sostanzialmente ricondotti al comfort termoigrometrico, visivo, acustico, nonché di qualità dell'aria e delle conseguenti condizioni di igiene.

Comfort termoigrometrico

A tale scopo risultano fondamentali la funzione della schermatura solare e la gestione dei flussi aerodinamici ai fini di evitare sovraccarichi termici dovuti all'ingresso diretto della radiazione solare negli spazi abitati comportanti temperature interne eccessivamente elevate.
Il calore derivante dal contributo radiativo solare è reso immediatamente disponibile per gli ambienti interni: non si hanno gli effetti di smorzamento e sfasamento dell'onda termica propri degli involucri edilizi in conseguenza dell'assenza di massa termica nelle strutture di involucro, per cui il livello di temperatura negli spazi interni tende ad aumentare rapidamente con l'incidenza della radiazione solare.
Durante il periodo invernale la temperatura superficiale della vetrata in-

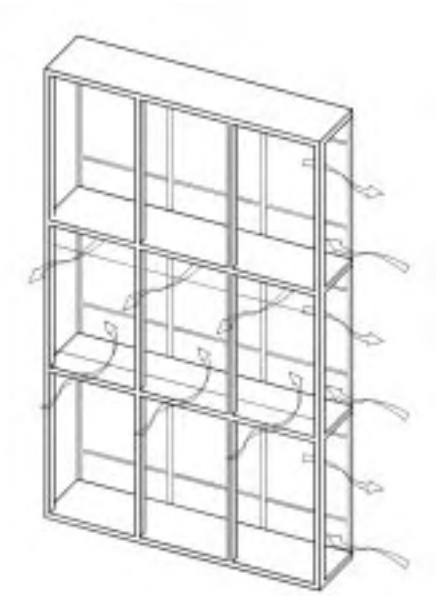


Figura 7: Schema e illustrazione del doppio involucro vetrato a "corridoio"

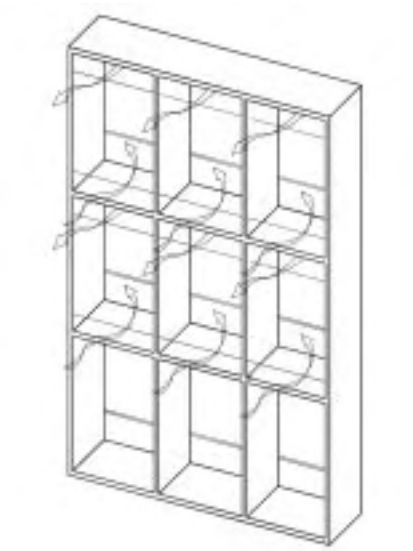




Figura 8: Schema e illustrazione del doppio involucro vetrato a "singole celle"

terna risulta più elevata rispetto quella che si può registrare sulle superfici trasparenti degli involucri tradizionali: ciò consente di evitare l'instaurarsi dei fenomeni cosiddetti di "asimmetria radiante" o anche di "determizzazione asimmetrica radiativa" dovuti agli scambi radiativi differenti tra il lato del corpo umano esposto verso gli ambienti caldi e quello esposto verso le superfici vetrate a temperatura più bassa.
Ai fini dell'efficienza termoigrometrica, deve essere presente un sistema di gestione energetica ("Builiding Energy Management System" - BEMS) per il controllo "intelligente" (o anche autocontrollo) in funzione delle condizioni climatiche esterne, delle schermature solari, dell'eventuale impianto di climatizzazione, delle portate d'aria e delle aperture di scambio esterno/intercapedine ed intercapedine/interno.

Comfort visivo
Gli ambienti interni sono caratterizzati da una maggiore luminosità in conseguenza alla elevata quantità di luce naturale che può penetrare in ambiente grazie all'elevato rapporto dimensionale tra superfici trasparenti e superfici opache dell'involucro edilizio.
La presenza delle facciate vetrate consente una buona visibilità verso l'esterno, determinando una connessione visivo-percettiva tra lo spazio abitato e l'ambiente urbano circostante che dovrà essere quindi elemento di attenzione e valutazione progettuale.
E' necessario prevedere sistemi e specifici apparati tecnologici per il controllo dei fenomeni di abbagliamento che possono verificarsi in rapporto all'ampiezza delle superfici vetrate. Questi possono essere integrati nell'intercapedine con sistemi per il controllo del flusso luminoso entrante, sia di riduzione (elementi di schermatura a lamelle, tende, ecc.) o di

incremento (mensole e shed riflettenti). Gli apparati per la riduzione del flusso luminoso possono essere anche funzionali ad eventuali esigenze di oscuramento e di privacy.

Comfort acustico
Relativamente al disturbo sonoro proveniente dall'esterno, la doppia facciata consente il determinarsi di valori di isolamento acustico più elevati rispetto a quelli rilevabili negli ambienti confinati da tipologie di involucro tradizionali, ma il potere fonoisolante dell'involucro viene a ridursi in presenza di aperture e bocchette per il passaggio dei flussi d'aria tra gli spazi interni e l'intercapedine e tra questa e l'ambiente esterno.
Nelle tipologie a facciata doppia continua (con lo spazio intercapedine passante per l'intero sviluppo verticale della facciata) risultano possibili fenomeni di disturbo acustico negli ambienti affaccianti sull'intercapedine dovuti alla trasmissione "da interno ad interno" dei rumori prodotti ai differenti piani. Analoghi difetti del comportamento acustico possono essere riscontrabili quando l'intercapedine pone in comunicazione orizzontale più ambienti allo stesso piano.
Le prestazioni di attenuazione acustica dell'involucro risultano fortemente influenzate dalla tenuta all'aria dei giunti e dalle proprietà di trasmissione acustica della superficie vetrata interna.
In rapporto alle problematiche acustiche inerenti le vibrazioni delle strutture vetrate c'è da osservare come la frequenza di risonanza diminuisca in conseguenza dell'incremento della larghezza dell'intercapedine.

Condizioni di igiene
Risulta opportuno prevedere delle condizioni di accessibilità nell'intercapedine ai fini di facilitarne le attività di manutenzione
Le intercapedini delle tipologie a facciata doppia continua, passanti per più piani, devono essere dotate di dispositivi tecnici per il lavaggio e la manutenzione (carrelli, apprestamenti di aggancio, ecc.) tali da consentire il raggiungimento delle diverse parti della superficie vetrata ai fini di attuare le operazioni di pulitura, sostituzione di elementi, ecc.
Particolare attenzione deve essere posta alle problematiche di giunzione tra gli elementi delle facciate vetrate ai fini di assicurare una adeguata tenuta all'acqua ed all'aria ed evitare fenomeni di penetrazione di flussi d'aria esterni, di acqua meteorica o di vapore acqueo.
Nei casi di immissione rilevante dell'aria proveniente dagli ambienti interni in intercapedine, dovrà essere posta attenzione particolare ai livelli di temperatura onde evitare fenomeni di condensazione del vapore acqueo sulle superfici vetrate più fredde.

Sicurezza
L'intercapedine ventilata può facilitare la propagazione degli incendi. Risulterà pertanto fondamentale osservare, soprattutto in riferimento alle vetrate interne, valori di REI opportuni in osservanza anche delle normative locali.
La presenza dell'intercapedine tra le due facciate rende possibile, qualora questa fosse fruibile e percorribile, la realizzazione di ulteriori vie di fuga.
Esiste la possibilità di rottura delle lastre dovute allo stress termico che può essere causato dalla elevata temperatura raggiunta in intercapedine.

Aspetto architettonico
Le problematiche di degrado degli elementi strutturali delle facciate (telai e lastre vetrate) in rapporto all'azione degli agenti atmosferici esterni sono pressoché simili a quelle proprie delle facciate vetrate continue tradizionali, risultando fortemente rilevanti i fattori di manutenzione ai fini della qualità complessiva dell'immagine architettonica dell'involucro edilizio. In particolare, la possibilità di rottura delle lastre e di degrado dei sistemi di giunzione dovuti allo stress termico possono rappresentare un elemento di degrado soprattutto in assenza di una gestione unitaria dell'attività manutentiva.
L'elevata trasparenza dell'involucro e la possibilità di rendere visivamente interconnesso lo spazio confinato con l'ambiente urbano può incidere negativamente sull'introspezione dall'esterno.
La possibilità di evitare l'installazione di sistemi di schermatura esterna (in quanto collocabili nell'intercapedine) consente la realizzazione di involucri ad alta omogeneità e la riduzione dell'adozione parzializzata di elementi che risultano spesso di negativa interferenza con l'immagine architettonica complessiva.

Energia e impatto ambientale
L'attenzione è posta all'intero ciclo del materiale/componente verificando il suo "peso" ambientale e le connessioni fisiche, morfologiche, ecologiche con i sistemi naturali, in particolare:

Consumi materiali ed energetici
Sono utilizzate maggiori quantità di materiali vetrosi rispetto agli involucri edilizi di tipo tradizionale, con una maggiore incidenza di costo energetico ed economico per quantità e tipologia del vetro (vetrature di tipo composto o vetri speciali) e per livello di tecnologie avanzate e sofisticate di assemblaggio.
Il comportamento energetico dell'edificio risulta fortemente condizionato dalla tipologia di doppio involucro adottata in rapporto alle specificità climatiche del contesto ambientale: in fase invernale il doppio involucro vetrato consente di ridurre la dipendenza dai sistemi impiantistici tradizionali con un risparmio considerevole di energia da fonte esauribile, dovuto all'utilizzazione di energia solare. In periodo estivo, in particolare per i regimi climatici temperati, è possibile una risposta, in termini di funzionamento naturale del sistema, non adeguata alle necessità poste dalle esigenze di raffrescamento indoor tale da richiedere una utilizzazione di specifici sistemi per il controllo della temperatura e del microclima.
Il comportamento termico dell'involucro edilizio risulta seguire dinamiche non facilmente controllabili con i metodi tradizionali: in molti casi, applicando le usuali formule per il calcolo della trasmittanza termica si ottengono valori incongruenti con la realtà, in quanto è possibile che, a causa della elevata temperatura raggiunta in intercapedine, il flusso termico abbia direzioni opposte (dall'intercapedine verso l'interno e dall'intercapedine verso l'esterno) e non sia più unidirezionale (dall'interno dell'ambiente verso l'esterno) come accade nei sistemi murari tradizionali. Risulta, pertanto, necessaria l'utilizzazione di strumenti e metodologie coerenti e congruenti con le specificità fenomenologiche in atto ai fini di una completa valutazione dei benefici.

Emissioni
Ai fini di comprendere la effettiva convenienza della realizzazione di un edificio a doppio involucro vetrato si potrebbe applicare una valutazione del ciclo di vita dell'involucro (LCA, "Life Cycle Assessment") che potrebbe fornire indicazioni su quanto il maggiore investimento di risorse ed economico, esteso alla fase di produzione dei materiali e componenti, sia rapportabile al risparmio energetico derivante dal comportamento in opera dell'organismo edilizio.
Durante il comportamento in opera dell'edificio a doppio involucro vetrato risulta possibile valutare la riduzione delle emissioni dovute all'utilizzazione di sistemi impiantistici tradizionali, conseguenti al guadagno termico parzialmente soddisfatto dal funzionamento passivo del sistema.

Indirizzi di progettazione per l'uso ecoefficiente della tecnologia a doppia facciata vetrata

Gli aspetti prestazionali, contemplanti a volte caratteristiche e specifiche prestazioni attuabili esclusivamente con il sistema di facciata a doppio involucro vetrato, possono presentare innegabili vantaggi ma occorre

mettere a bilancio tale vantaggio in termini prestazionali con i costi necessari alla realizzazione dell'involucro (costi superiori rispetto ai sistemi edilizi tradizionali, in relazione ai materiali e alle tecnologie di assemblaggio e di realizzazione) ed alla gestione dell'attività manutentiva di livello specialistico, nonché con gli impatti ambientali indotti cui precedentemente accennato. Infatti, mentre la necessità di stimare un rapporto tra costi (di realizzazione e di manutenzione) e benefici (specificità di prestazione) è abbastanza evidente anche ad una analisi sommaria, risulta più complessa la valutazione di congruenza tra vantaggi prestazionali e conseguenze ambientali. Queste ultime sono da valutarsi non solamente in rapporto al periodo di esercizio, bensì sin dalla fase di produzione (superiore rispetto a molti dei cicli che caratterizzano i materiali degli involucri tradizionali) per finire alla valutazione della possibilità di riciclaggio dei diversi componenti derivanti dalla dismissione, facilmente attuabile per le normali tipologie di vetro, ma maggiormente difficoltoso per i vetri composti, caratterizzati dalla presenza di pellicole e film di differente natura all'interno della lastra vetrosa. In altre parole occorre elaborare uno studio del "ciclo di vita" dell'involucro edilizio e metterlo a bilancio con i vantaggi indotti in termini di prestazioni offerte. In linea di massima, tale bilancio può risultare complessivamente positivo per le realizzazioni che si collocano in contesti climatici rigidi. C'è da osservare come, in questo caso, il funzionamento passivo dell'edificio, in termini di guadagno termico comporti un guadagno rilevante dal punto di vista della minor dipendenza da fonti energetiche tradizionali (basso consumo di risorse esauribili) e di riduzione di emissioni nocive in ambiente (rilevanti nel caso dei grandi edifici ad uso terziario che utilizzano sistemi impiantistici tradizionali ad alto consumo). di emissioni nocive in ambiente (rilevanti nel caso dei grandi edifici ad uso terziario che utilizzano sistemi impiantistici tradizionali ad alto consumo).

La tecnologia del doppio involucro vetrato risulta, inoltre, una strategia di intervento che può assicurare un adeguato funzionamento di quegli edifici che, per precise scelte architettoniche e condizioni d'uso, devono essere caratterizzati da un involucro trasparente omogeneo (modificando il comportamento tipicamente energivoro ed assicurando un funzionamento caratterizzato dall'ottimizzazione dell'uso della energia sola-

ASPETTI PRESTAZIONALI

	Comfort termico invernale	Comfort termico estivo	Qualità dell'aria di ventilazione	Controllo prestazionale	Facilità di manutenzione	Protezione e sicurezza antincendio	Comfort acustico
Ventilazione naturale dell'intercapedine	●	◉	●	◉	○	○	●
Ventilazione meccanica dell'intercapedine	◉	◉	●	◉	○	○	◉
Funzionamento misto	◉	◉	◉	◉	○	○	●
Funzionamento integrato	●	●	●	◉	○	○	◉
Vetro isolante corrispondente alla superficie vetrata esterna	◉	●	○	○	○	○	●
Vetro isolante corrispondente alla superficie vetrata interna	●	◉	○	○	○	○	◉
Facciata doppia continua a tutta superficie	◉	●	◉	◉	◉	◉	◉
Facciata doppia continua a canali	◉	●	◉	●	◉	●	◉
Facciata doppia discontinua a corridoio	◉	◉	◉	●	◉	●	◉
Facciata doppia discontinua a singole celle	◉	◉	◉	◉	◉	◉	◉

Figura 10: Matrice di valutazione del comportamento prestazionale per tipologia di facciata a doppio involucro

Legenda: ○ Indifferente ● Suffficiente ◉ Mediocre ◉ Buono

re) e da organizzazioni d'uso che permettano una gestione integrata e di "messa a sistema" dell'intero edificio. I sistemi a doppio involucro integrano perfettamente, nell'architettura dell'edificio, un sistema di guadagno solare riconducibile concettualmente al funzionamento di alcuni sistemi solari passivi, come la serra addossata o i collettori solari ad aria, facendo diventare l'intero involucro complessivo una sorta di gigantesco collettore solare. Rispetto ad altre soluzioni tecnico-architettoniche, in cui il sistema solare passivo risulta "sovrapposto" all'edificio, il doppio involucro vetrato rappresenta un sistema tecnologico- bioclimatico assolutamente "integrale", praticamente coincidente con l'architettura dell'edificio fino ad esserne il fattore caratterizzante, governato con modalità di gestione evolute ed "intelligenti".

Le modalità di progettazione di una facciata a doppio involucro vetrato vertono, oltre che sulla scelta tipologica inerente le specificità costitutive del sistema (tipi di vetro, materiali, posizione della vetratura isolante, ecc.), su alcuni parametri fisico-dimensionali fondamentali, quali la larghezza e l'altezza dell'intercapedine e le caratteristiche di assorbimento degli elementi di schermatura (all'interno dell'intercapedine).

Al variare di questi fattori si realizzano, all'interno dell'intercapedine dei livelli di temperatura differenti. È chiaro che, essendo il calore (Q) trasmesso da un ambiente all'altro in funzione della trasmittanza (U) delle "frontiere" (Q = S x U x DT), della dimensione delle superfici di confine (S) e della differenza di temperatura tra gli ambienti (DT), diviene importante, oltre alla definizione delle caratteristiche di trasmittanza delle superfici, la definizione dei convenienti livelli di temperatura interni all'intercapedine, che possono assicurare una differenza di temperatura efficace e funzionale al raggiungimento dei quantitativi termici indoor desiderati.

Sostanzialmente la temperatura all'interno dello spazio tra le due facciate vetrate aumenta, a parità di ampiezza (larghezza) di tale spazio, con l'aumentare dell'altezza dell'intercapedine e del coefficiente di assorbimento degli elementi costitutivi del sistema di schermatura (lamelle orientabili, ecc.). Tale fenomeno risulta ovviamente rilevante in fase estiva e meno evidente in periodo invernale, quando coefficienti di assorbimento bassi degli elementi del sistema di protezione solare possono anche invertire la dinamica, non facendo seguire, all'aumentare dell'altezza dell'intercapedine, un aumento della temperatura nel suo interno. La larghezza dell'intercapedine risulta essere funzionale alle variazioni della temperatura dell'aria determinando, a portata d'aria costante, un aumento del livello di temperatura conseguente all'aumento dell'ampiezza dell'intercapedine in fase invernale, nonchè un fenomeno inverso in fase estiva.

I grafici *(figure 10/13)* restituiscono la fenomenologia secondo un modello matematico rappresentato da appositi diagrammi e consentono di valutare in maniera appropriata il dimensionamento del sistema di doppio involucro vetrato (dimensioni trasversali, altezza dell'intercapedine) in funzione delle specificità climatiche e delle conseguenti esigenze di carattere energetico.

Se opportunamente progettato, attraverso scelte dimensionali (altezza e larghezza dell'intercapedine, tipologia specifica del sistema), costitutive (vetrata isolante interna o esterna) e di funzionamento (ventilazione naturale o meccanica), un sistema di facciata a doppio involucro vetrato può garantire prestazioni di ordine termico, luminoso ed acustico superiori a quelle dei tradizionali sistemi di involucro e delle tradizionali facciate continue. Tali prestazioni possono essere sinteticamente riassunte e rappresentate dai seguenti parametri:

- Trasmittanza termica: fino a valori di 1,2 – 1,5 W/mqK
- Trasmissione luminosa: fino a valori del 70–80%
- Isolamento acustico: fino a valori nell'ordine dei 40-45 dB

Questi valori, in rapporto ai corrispondenti parametri prestazionali, sono rappresentativi di condizioni ambientali indoor soddisfacenti e congruenti con le esigenze di raggiungimento di adeguate condizioni di comfort ambientale.

Elementi di valutazione complessiva

A conclusione dell'analisi tecnologica e prestazionale relativa all'impiego ed al funzionamento in opera dei sistemi di facciata a doppio involucro vetrato è opportuno sottolineare che molti degli effettivi vantaggi offerti in termini energetici, termici e prestazionali, da tali sistemi tecnologici di involucro, dipendono fortemente dal contesto climatico ed ambientale di riferimento. Ciò detto, se utilizzata in rapporto a determinate situazioni di contesto e di funzione d'uso degli edifici, tale tipologia di sistema tecnologico offre una gamma di vantaggi prestazionali di ordine termico, luminoso e acustico, che i tradizionali involucri edilizi non possono garantire. Inoltre la scelta progettuale, tecnologica e costruttiva del sistema di facciata a doppio involucro vetrato può essere sostenuta, oltre che dall'obiettivo di utilizzare la trasparenza per determinare uno specifico funzionamento bioclimatico in grado di aumentare i guadagni energetici di ordine termico grazie all'effetto serra, anche dalle seguenti considerazioni:

- le nuove tecnologie di produzione dei componenti vetrati consentono di realizzare superfici caratterizzate da valori di trasmittanza paragonabili a quelli dei tradizionali involucri in muratura (inferiori a 1,3 W/mK), consentendo il superamento delle problematiche legate alle eccessive dispersioni termiche, correlate da sempre all'adozione di ampie superfici vetrate;
- studi specifici dimostrano l'abbattimento dei consumi energetici globali degli edifici, legati soprattutto alle necessità di riscaldamento, condizionamento ed illuminazione artificiale, per rapporti tra bucatura superficie di pavimento di molto superiori ad 1/8 (rapporto minimo per i regolamenti edilizi);
- i costi di costruzione, che apparentemente sembrerebbero impennarsi a fronte di tale scelta tecnico-costruttiva, complessivamente non possono considerarsi particolarmente elevati, anche in rapporto ai benefici offerti in termini di risparmio energetico. L'aumento di costi in rapporto alla chiusura esterna verticale è stimabile nell'ordine del 30% rispetto gli involucri edilizi tradizionali, ma occorre calcolare che l'incidenza del costo della chiusura esterna sul costo di costruzione complessivo di un edificio per il terziario risulta essere dell'ordine del 10-20%. Ne deriva che l'effettivo aumento del costo complessivo di costruzione può essere valutato in una percentuale variabile circa dal 3 al 6%, percentuale che può essere compensata da vantaggi connessi ai minori tempi di realizzazione dell'edificio ed al risparmio energetico, correlato agli aspetti termici e luminosi in particolare.

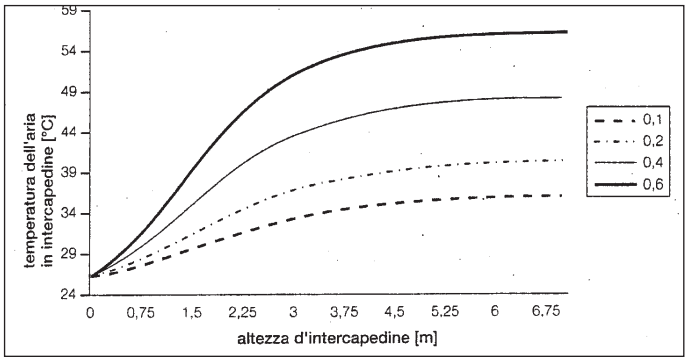


Figura 10: Variazioni della temperatura dell'aria in intercapedine al variare dell'altezza e dei coefficienti di assorbimento degli elementi di schermatura per portata d'aria (q=72 mc/h/m) e dimensioni dell'intercapedine costanti (s=40 cm) (I=350 W/mq) (Tae=34°C). Funzionamento in regime estivo.

VANTAGGI

• **Risparmio energetico rispetto alle esigenze di riscaldamento,** connesso al funzionamento a "buffer space" dello spazio intercapedine che "trasforma" la facciata in una sorta di gigantesco collettore solare ad aria, determinando la possibilità di produrre un guadagno termico naturale in grado di minimizzare la dipendenza dai tradizionali sistemi impiantistici per il riscaldamento degli ambienti.

• **Risparmio energetico connesso al raffrescamento estivo,** grazie alla possibilità di schermare le vetrate più interne (tramite il sistema di protezione solare presente nell'intercapedine), proteggendole dall'ingresso diretto della radiazione solare in ambiente; nonché alla ventilazione, naturale o meccanica, dell'intercapedine, che consente di smaltire all'esterno il surplus termico ed evitare una eccessiva trasmissione termica negli spazi confinati.

• **Risparmio energetico rispetto alle esigenze di illuminazione,** dovuto alla elevatissima trasparenza dell'involucro edilizio, tale da determinare ottime condizioni di luminosità all'interno degli ambienti, necessitanti semmai di dispositivi atti ad evitare i fenomeni di abbagliamento (sistema di schermatura solare interno). Se si considera che gli edifici che adottano tali tecnologie di involucro sono di fatto destinati ad uffici e quindi ad una fruizione prevalentemente diurna, si può facilmente comprendere l'importanza di tale aspetto sul risparmio energetico.

• **Miglioramento dell'isolamento acustico,** attuato grazie alla doppia frontiera esterna che, se adeguatamente progettata in relazione alle modalità di realizzazione delle aperture per l'ingresso e l'uscita dei flussi d'aria, può consentire un abbattimento acustico fino a 45 dBA.

• **Temperature indoor maggiormente confortevoli,** dovute alla omogenea diffusione dei flussi termici all'interno degli ambienti: la doppia facciata consente di avvolgere gli spazi interni in una vera e propria cintura di regolazione microclimatica, in grado di elevare uniformemente la temperatura all'interno dello spazio abitato a differenza di quanto avviene negli ambienti caratterizzati da fonti di riscaldamento localizzate (costituite ad esempio da radiatori). Inoltre la temperatura della vetrata che separa lo spazio interno dall'intercapedine, più elevata rispetto alle normali vetrate che dividono gli ambienti interni dall'esterno, consente di eliminare il cosiddetto fenomeno di determizzazione asimmetrica radiativa, particolarmente sgradevole a livello di sensazione corporea, dovuto allo scambio termico differenziato tra il lato del corpo umano esposto verso gli ambienti caldi e quello esposto verso le superfici più fredde.

• **Migliore ventilazione naturale,** dovuta alla possibilità di utilizzare i flussi d'aria esterni, anche se caratterizzati da temperature particolarmente basse, grazie al preriscaldamento delle masse d'aria naturalmente attuato in relazione all'effetto serra all'interno del buffer space tra le due superfici vetrate. Ciò consente consistenti risparmi connessi alle esigenze di condizionamento e di eventuale preriscaldamento dell'aria (attuato in genere mediante dispositivi tradizionali quali batterie di preriscaldamento elettriche, a radiatori connessi ad appositi impianti, ecc.).

• **Riduzione dei tempi di realizzazione,** connessa ai vantaggi che il cantiere secco, se adeguatamente programmato ed organizzato, presenta rispetto alla tempistica di realizzazione del cantiere umido. Inoltre si può far riferimento ad una componentistica già prodotta serialmente nelle apposite officine e stabilimenti e pertanto in molti casi disponibile in tempi brevi.

• **Maggiore durabilità di alcuni componenti del sistema,** relazionata in particolare alla non esposizione agli agenti atmosferici degli elementi e dei componenti del sistema di schermatura solare contenuto all'interno dell'intercapedine.

SVANTAGGI

• **Necessità di sistemi impiantistici per il condizionamento in fase estiva,** dovuta al fatto che nei periodi di maggiore temperatura dell'aria esterna, il sistema può non essere in grado di garantire lo smaltimento del surplus termico che si determina all'interno dell'intercapedine o di garantire una sua riduzione su livelli termici congruenti con le temperature di comfort. Il ricorso ad una eccessiva schermatura solare, che può divenire necessario per evitare le problematiche di surriscaldamento estivo, può inoltre risultare in conflitto con le esigenze di luminosità all'interno degli ambienti, rendendo vana la possibilità di disporre di ampie superfici vetrate per l'illuminazione naturale.

• **Problematiche di condensa sulla superficie vetrata più esterna,** che possono essere significative in caso di adozione di una superficie vetrata esterna del tipo non isolante, dovute alla elevata differenza di temperatura che può instaurarsi nel periodo invernale tra l'ambiente riscaldato dell'intercapedine e l'ambiente esterno.

• **Minore spazio abitabile a disposizione,** correlato ad una parte della superficie utile destinata allo spazio intercapedine e sottratta quindi alla fruizione: a parità di volumetria può determinare una minore superficie d'uso rispetto ad un edificio tradizionale.

• **Maggiore complessità di funzionamento, controllo e gestione,** connessa all'utilizzazione di automatismi e dispositivi meccanici necessari per garantire il funzionamento dinamico del sistema e la sua regolabilità in rapporto all'intenistà di variazione delle condizioni climatiche esterne. In particolare, per il controllo delle schermature solari, degli eventuali impianti di climatizzazione ausiliari, delle portate d'aria, del sistema delle aperture interne ed esterne per l'immissione e l'estrazione dei flussi d'aria, è necessaria l'adozione di un sistema generale di controllo (BEMS, Building Energy Management System) in grado di garantire un efficace ed automatica regolazione del funzionamento del sistema in rapporto alla continua mutazione delle caratteristiche climatiche locali esterne.

• **Maggiore complessità della fase di progettazione e realizzazione,** la quale richiede un'elevata interazione ed integrazione tra differenti apporti disciplinari di tipo specialistico: gli aspetti architettonici, tecnologici, impiantistici e strutturali richiedono in questo caso un continuo confronto ed una continua verifica interattiva ai diversi livelli, dalla fase del progetto preliminare a quella del progetto esecutivo. Particolare attenzione deve essere posta alla verifica del presunto funzionamento energetico ed ambientale in opera dell'edificio che, come detto, necessita di strumenti di valutazione e controllo appositi e specialistici.

Tabella 1: Principali vantaggi e svantaggi connessi all'utilizzazione delle tecnologie del doppio involucro vetrato

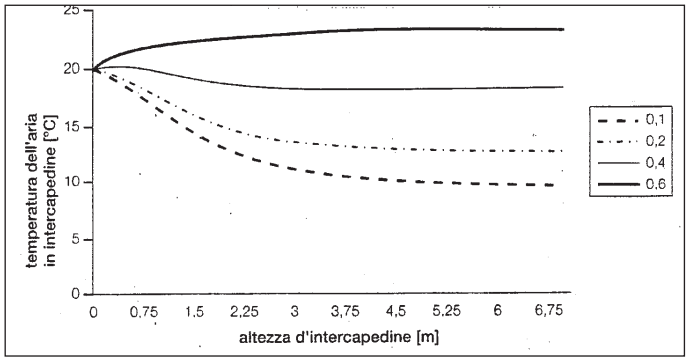


Figura 11: Variazioni della temperatura dell'aria in intercapedine al variare dell'altezza e dei coefficienti di assorbimento degli elementi di schermatura per portata d'aria (q=36 mc/h/m) e dimensioni dell'intercapedine costanti (s=40 cm) (l=200 W/mq) (Tae=-5°C). Funzionamento in regime invernale.

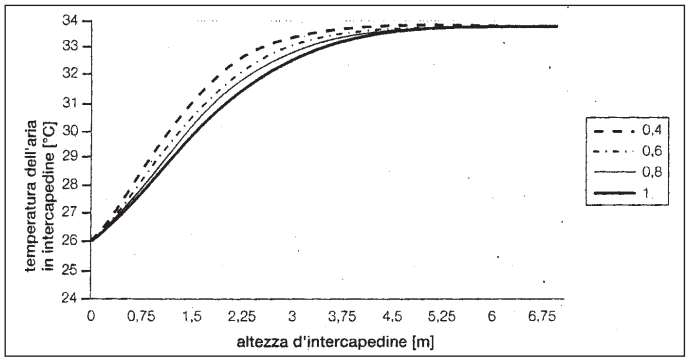


Figura 12: Variazioni della temperatura dell'aria in intercapedine al variare dell'altezza e della dimensione trasversale dell'intercapedine stessa in regime di portata costante (q=20 mc/h/m) (l=200 W/mq) (Tae=34°C). Funzionamento in regime estivo.

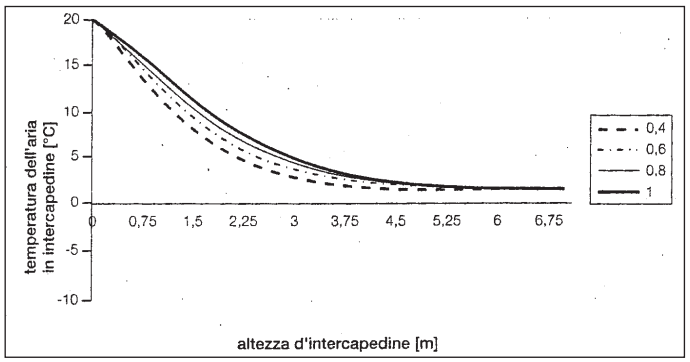


Figura 13: Variazioni della temperatura dell'aria in intercapedine al variare dell'altezza e della dimensione trasversale dell'intercapedine stessa in regime di portata costante (q=20 mc/h/m) (l=200 W/mq) (Tae=-5°C; Tai=20°C). Funzionamento in regime invernale.

Volendo tuttavia individuare, in maniera puntale i vantaggi e gli svantaggi connessi all'utilizzazione della tecnologia del doppio involucro trasparente, in maniera tale da poter disporre di indicazioni e parametri a supporto delle scelte progettuali e tecnico-costruttive, si è predisposta una schematizzazione *(figura 15)*.

Fonti bibliografiche

- E. Aliotti, L. Bianchi, P. Rigone, "*Le facciate a doppia pelle*", in "Quadra Tecnica", n.08/1998, UNCSAAL, Milano.
- E. Aliotti, L. Bianchi, P. Rigone, "*Modellazioni climatiche sulle facciate*", in "Quadra Tecnica", n.06/1998, UNCSAAL, Milano.
- M. Filippi, M. Perino, V. Serra, "*Facciate trasparenti a doppio involucro: alta prestazione o moda?*", da "progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici", Aicarr, Bologna, 18 ottobre 2001/Torino, 30 novembre 2001/Napoli.
- G.Scudo, A.Rogora, "*L'involucro come regolatore dei flussi energetici*", in "Ambiente Costruito", n.1/1998, pagg.4-7, Maggioli Editore, Milano.
- B.Rossi, G.Rossi, "*Una questione di doppia pelle*", in "Ambiente Costruito", n.1/1998, pagg.11-15, Maggioli Editore, Milano.
- G.Riva, B.Rossi, "*L'involucro complesso*", in "Ambiente Costruito", n.4/1999, pagg.62-70, Maggioli Editore, Milano.
- G.Riva, G.Mar, B.Rossi, "*L'involucro a doppia pelle*", in "Ambiente Costruito", n.1/2001, pagg.20-29, Maggioli Editore, Milano.
- G.Nobile, "*Le facciate a doppia pelle*", Atti del convegno "Architettura di vetro e metallo", 15-16 novembre 2001, Milano.
- H.Schulz, "*Strutture avanzate d'involucro*", Atti del convegno "Architettura di vetro e metallo", 15-16 novembre 2001, Milano.
- M.Sala, L.Ceccherini Nelli, "*Tecnologie solari*", Alinea Editrice, Firenze, 1993
- AA.VV., Sophia und Stefan Behiling (a cura di) "*Glass – Structure and Tecnology in Architecture*", Prestel, Monaco-Londra-New York, 1999

Introduzione ai metodi per la definizione di un bilancio ambientale

Consuelo Nava

LE VARIABILI

Con riferimento alla produzione ed agli ambiti di applicazione del settore edilizio, il ruolo della qualità e della quantità dei prodotti e della gestione dei processi ha assunto un'importanza fondamentale, anche nelle sue ricadute dirette sull'ambiente.
I termini con cui la qualità si è espressa hanno coinvolto gli aspetti della produzione per la qualità delle relazioni tra comparti produttivi, del binomio requisiti-prestazioni per la qualità dei prodotti, per la gestione delle scelte relative ai processi di produzione e del controllo della conformità delle merci. All'informazione tecnica e grafica, è stato affidato il compito di diffondere e promuovere la qualità del prodotto, nella sua qualità globale di servizio.
Il ruolo della quantità, è stato affrontato definendo le relazioni possibili tra due differenti esigenze, quella del mercato produttivo e quella della sostenibilità delle azioni per la conservazione della qualità degli ecosistemi.
Le tecniche tradizionali di architettura hanno sempre richiesto una grande quantità di materiale da impiegarsi nella costruzione, ciò ha portato a delle scelte immediatamente "low", utilizzo di materiali poveri, facilmente reperibili ed a basso costo. Le tecniche più evolute hanno inciso con una minore richiesta in termini di presenza del materiale, ma con una maggiore diversificazione dei processi industriali e dei prodotti, con un maggior dispendio di energia e di risorse a livello locale. Pertanto riferirsi a concetti di quantità, oggi, vuol dire determinare il peso, l'impronta che alcuni processi produttivi comportano e la loro capacità di diminuire l'impatto, di controllare le trasformazioni o di recuperare in termini energetici il consumo di produzione iniziale con una maggiore efficacia nell'impiego del prodotto finito. Tutto ciò si desume facilmente per tutti i processi produttivi che riguardano la realizzazione di componenti in vetro.
In una tale logica, rimane importante la tradizionale visione prestazionale che considera il progetto di un componente, come risultato sapiente di due livelli progettuali, quello tecnologico e quello ambientale, per coniugare le scelte relative al rapporto tra qualità globale ottenibile ed economia e prestazioni realizzabili (termini riferibili ad aspetti quantitativi), variabili geometriche-morfologiche (forma e dimensione dei componenti; modalità di connessione; grado di precisione dimensionale).
Con riferimento alle successive definizioni delle categorie di compatibilità dimensionale, meccanica, fisica, chimica:

- variabili proprie tecnologiche (costituzione materiale, caratteristiche fisiche dei materiali, resistenza dei materiali, modalità di funzionamento, interferenze ed interazioni);
- variabili morfologiche ed estetiche (rapporti formali tra le dimensioni, colore, capacità di definizione dello spazio);
- variabili ergonomiche e d'uso (comodità e velocità d'uso, chiarezza dei dispositivi di manovra);
- variabili produttive (capacità produttive, possibilità e limiti tecnologici);
- variabili economiche;
- variabili di mercato;
- variabili derivanti da vincoli normativi.

Dette variabili che divengono in parte prestazioni del componente, in parte definizioni di qualità dei prodotti, devono coniugarsi con un livello di progettazione ambientale, un tempo definito da due categorie di requisiti:

- di funzionamento o tipologico-spaziali;
- di benessere, comfort.

Oggi tali requisiti risultano certamente implementabili con le variabili riferite a comportamenti operativi di più ampie relazioni, con riferimento alle successive definizioni delle categorie di compatibilità energetica ed ecologica:

- alla sicurezza ambientale;
- al controllo delle azioni sul clima.

I LIVELLI DI COMPATIBILITÀ

Abbiamo accennato all'importanza della compatibilità tra materiali, misurata nelle differenti caratteristiche; pertanto partendo dall'ultima considerazione sui differenti impieghi degli elementi in vetro. È possibile provare a leggerne l'efficienza attraverso la specificazione dei componenti complessi attraverso i diversificati livelli di compatibilità a partire dalla definizione delle compatibilità, così come trattati dalla letteratura tecnica:

- *compatibilità dimensionale:* ci si riferisce alla compatibilità geometrica degli elementi, per cui essi possono occupare, una volta in opera, il loro spazio, tenendo conto delle caratteristiche proprie e degli eventuali spazi necessari per l'assestamento del componente e del materiale, in fase di comportamento termico e strutturale, per la libera dilatazione, per esempio;
- *compatibilità meccanica:* deve essere assicurata la stabilità dei componenti e pertanto, la reazione tra i differenti materiali non deve procurare rotture e deformazioni irreversibili, gli sforzi si devono distribuire secondo le proprietà meccaniche di tutti i materiali non superando gli stati limite;
- *compatibilità fisica:* le prestazioni di tipo termico, acustico e di tenuta devono essere assicurate dalle qualità dei differenti elementi, compresi quelli di giunzione e di fissaggio, che alla fine devono risultare coerenti per il soddisfacimento dello scopo principale;
- *compatibilità chimica:* un giusto abbinamento dei materiali, di uso delle miscele permette di evitare i deterioramenti in fase di produzione ma anche di posa in opera dei componenti prodotti, evitando fenomeni di degrado accelerato e di guasto.

A queste definizioni, certamente necessarie, implementando le proprietà che riconoscono i livelli di compatibilità si possono aggiungere altre due categorie importanti: una legata ad una compatibilità di tipo energetico e l'altra di tipo ecologico, avanzando quindi un'ipotesi di definizione:

- *compatibilità energetica:* necessità di valutare l'energia grigia (incorporata) e quella spesa, con riferimento all'energia di funzionamento e produzione del materiale e della messa in opera del componente;
- *compatibilità ecologica:* necessità di valutare l'impatto igienico-ambientale ed il livello di sicurezza ambientale a livello locale e globale.

Queste due ulteriori categorie riassumono peraltro i caratteri essenziali ed i riferimenti utili, nella sistematizzazione e disponibilità dei dati, per la costruzione *di un eco-profilo dei materiali semplici ed ancora di più di quelli compositi, come nel caso dei componenti in vetro.*

MECCANICHE	FISICHE	TECNICHE	TECNOLOGICHE	ENERGETICHE/ ECOLOGICHE	SICUREZZA AMBIENTALE
A1. Modulo di taglio	B1.Peso di volume	C1. Omogeneità ed isotropia	D1. Compattezza e durezza	E1. Disponibilità	F1. Tossicità
A2. Energia di deformazione	B2. Capacità termica	C2. Resistenza al gelo	D2. Lavorabilità	E2. Compatibilità	F2. Respirabilità
A3. Modulo elastico	B3. Coefficiente di imbibizione	C3. Comportamento al fuoco	D3. Durabilità	E3. Riciclabilità	F3. Radioattività
A4. Modulo Specifico	B4. Coefficiente di dilatazione termica	C4. Comportamento igrotermico	D4. Giunzionabilità	E4. Smaltibilità	F4. Emissioni polveri, odori
A5. Resistenza specifica	B5. Coefficiente di conducibilità termica	C5. Comportamento acustico	D5. Affidabilità	E5. Consumo energia primaria	
				E6. Azione sul clima	

Tabella 1: Definizione delle proprietà
Fonte: C.Nava, Atti di ricerca LA.M.A., giugno 2003

	MECCANICHE (A)	FISICHE (B)	TECNICHE (C)	TECNOLOGICHE (D)	PROPRIETÀ CORRELATE: ENERGETICHE /ECOLOGICHE
ENERGETICHE					
E1. Disponibilità					- E5, E6, F5
E2. Compatibilità		B2, B4, B5	C1, C4	D3, D4	- E5, E6, F5
E3. Riciclabilità	A1, A3, A5	B1	C1, C3	D1, D2, D4 -	- E5, F4
E4. Smaltibilità		B1	C1	D3, D5	- E3, F4, F5
E5. Consumo energia primaria	A2	B5	C1, C4	D1, D2, D3	- E1, E3, E6
E6. Azione sul clima		B2, B5		D5	- E5, F3, F5
ECOLOGICHE					
F1. Tossicità		B1, B3	C1	D1, D2, D5	- F4, F5
F2. Respirabilità		B1, B3	C1	D1, D2, D5	- F1, F4, F5
F3. Radioattività	A2	B1	C1	D1, D2	- E5, E6
F4. Emissioni polveri, odori		B1, B2, B3	C1	D1, D4, D5	- E4, F1, F5
F5. Sicurezza ambientale				D5	- E6, F3, F4

Tabella 2: definizione delle relazioni tra proprietà
Fonte: C.Nava, Atti di ricerca LA.M.A., giugno 2003

Il quadro complessivo delle proprietà che leggono tutti i livelli di compatibilità può così essere definito:
I livelli di compatibilità, nei rapporti e pesi di relazione tra livelli di compatibilità e qualità dei materiali *(descrittori utili)* *(Nota 1)*, possono essere misurati secondo:

- la loro definizione (descrizione tecnica e modalità riferite al processo ed al prodotto);
- la misurazione delle caratteristiche (valutazione quantitativa per i valori controllabili);
- la parametrizzazione dei requisiti secondo valori di significatività (valutazione qualitativa per i valori non controllabili).

Di seguito si propone una prima sperimentazione relativa alla verifica di compatibilità sulle proprietà energetiche e su quelle ecologiche, utilizzando anche le altre differenti categorie, cercando di individuare la qualità di descrittori utili per ogni categoria, distinguendo tra questi quelli che pesano maggiormente nella definizione del livello (che possono definire i pesi dell'impatto) e quelli rilevanti per essere propri del sistema di riferimento (che possono contribuire come coefficienti correttivi in positivo sulla valutazione complessiva degli impatti) *(Nota 2)*.

VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ

La valutazione del ciclo di vita dei materiali e componenti, per quanto attualmente riferita in Italia ad un processo volontario e la cui applicazione risulta ancora non consolidata, risulta importante oltre che per i suoi caratteri relativi alla definizione del processo produttivo e d'impiego secondo gli impatti sugli ecosistemi, per lo sviluppo quantitativo di "metodi multi - criteria" che basano la valutazione dei loro fattori d'impatto sulle alternative.
I metodi che determinano i fattori d'impatto possono essere suddivisi in quattro gruppi:

- *metodi che stimano i pesi a livello economico*. Gli effetti sono relazionati ai prezzi ed i danni sono espressi in termini monetari; moltiplicando il totale di ogni effetto per l'unità di effetto, quindi som-

mando tutti i risultati, si produce in termini economici il danno causato da ogni alternativa;
- *metodi basati sulle preferenze sociali.* Gli utenti e/o organizzazioni di cui si raccolgono le opinioni determinano i fattori d'impatto riferiti ai differenti problemi sociali;
- *applicazione dei livelli di sostenibilità.* Il livello di inquinamento è definito attraverso una condizione reale, quindi valutata tenendo conto del valore-limite. Maggiore è la differenza tra la situazione esistente e lo stato limite, più alto o più basso è l'impatto;
- *verifica attraverso la modellistica gli effetti ambientali finali.*

Tutti i metodi possono essere quindi valutati secondo indicatori di compatibilità: economica, sociale, ambientale. In ogni caso è importante definire le fasi e gli obiettivi del LCA completo per meglio esprimere il reale peso che hanno gli effetti della produzione e dell'impiego di ogni specifico componente.
I dati significativi per costruire un quadro sulla compatibilità dei prodotti, si assumono certamente da ciò che si evince dall'ecoprofilo, quale sistema e metodo che descrive a livello energetico ed ambientale, il controllo degli impatti per il componente, in tutte le sue fasi.
In generale l'ecoprofilo si basa su un quadro di alternative possibili, dopo aver gestito una classificazione delle risorse, materiali e componenti che entrano in gioco. Si tratta dell'operazione più significativa da compiersi all'interno di un LCA e quella che fornisce i risultati significativi. Si considerino, infatti, le fasi e gli obiettivi di un generico LCA:
formulazione dei problemi:
- lista dei problemi ambientali;
- lista dei criteri di valutazione;
- lista delle condizioni limite;

identificazione e costruzione delle alternative:
- indagine sulle possibili soluzioni (prodotti, processi tecniche, misure ambientali);
- descrizione di un'alternativa;

inventario:
- descrizione della metodologia per la riduzione del sistema;
- indagine sulle emissioni, materiali naturali ed energia consumata;

classificazione:
- ecoprofilo di un prodotto o alternative, quantitative o qualitative;
- stima dell'errore nell'eco-profilo;

valutazione:
- risultati dell'analisi sensibile;
- riferimenti ed argomenti sull'impatto ambientale o priorità per le alternative.

DEFINIZIONE DI UN ECOPROFILO

A differenza del metodo LCA (attualmente non in uso) che in qualche modo può riferirsi ad un'iterazione di operazioni assimilabili in una procedura ormai consolidata, la costruzione dell'ecoprofilo dipende fortemente dal componente, dalla specializzazione dello stesso rispetto a materiali, progetto ed impiego. Si può operare comunque tra quelli che fanno uso di soli indicatori qualitativi, tra quelli che fanno uso di soli indicatori quantitativi e tra quelli cha hanno sistemi misti; ciò dipende anche da quanto alcuni parametri possono essere definiti e controllati.
In generale, ogni qualvolta si opera con un componente non standardizzato, si utilizza un metodo di ecoprofilo ad hoc, definendo fasi, obiettivi e strumenti, per l'utilizzazione dei dati utili. Alcuni metodi comunque sono stati validati e definiti per la loro efficacia; si riportano di seguito i criteri essenziali di due metodi, che per la loro strutturazione potrebbero esser utilizzati nella costruzione di un ecoprofilo dei prodotti in vetro, quindi con maggiore riferimento alla sezione relativa ai materiali ed all'energia.

Greencalc
Il metodo supporto gli architetti per il progetto degli edifici e lo scenario degli usi che richiedono livelli di sostenibilità in un edificio nuovo o di recupero. Un'indicazione di livello può essere espressa per ogni modulo ed il software calcola gli effetti ambientali per il nuovo edificio o per la riqualificazione degli edifici non residenziali. Il greencalc software consiste in quattro moduli:
- materiali: basati sul Twin modello, e suddiviso in alcuni criteri (materiali naturali,inquinamento, rifiuti, rumore, degrado ed energia);
- energia: basato sulla performance energetica degli edifici non residenziali, in accordo con le normative di riferimento;
- acqua e mobilità.

Gli effetti ambientali vengono espressi, per modulo, secondo due criteri: costi ambientali ed emissioni di CO_2.

Eco-Quantum
Il metodo consiste in tre sezioni principali:
- sistematizzazione dei dati;
- calcolo della sezione
- uscita o risultati matematici

Il metodo può essere ben implementato in un LCA e descrive bene consumo di energia e materiali e può essere calcolato il coefficiente di performance energetica (EPC).
Esso è in grado di fornire i risultati dell'effetto di differenti interventi, con l'impiego di differenti risorse, in relazione all'uso dei materiali naturali (Kg), all'energia utilizzata (MJ), al tipo di energia (elettrica o termica), prodotti intermedi provenienti da altri processi (Kg), uso del suolo (mqs) ed ancora esterni al processo: emissioni in atmosfera (Kg), emissioni in acqua (Kg), rifiuti (Kg), distinguendo tra quelli tossici e quelli non tossici.
Tutti i risultati vengono suddivisi in cinque criteri, i risultati sono relativi, la standardizzazione ed i fattori d'impatto sono prima convertiti attraverso i risultati dei trenta effetti ambientali riferiti ai cinque criteri. Al termine, come con LCA, "l'analisi sensibile" può essere di nuovo implementata.

Il modello Twin
Il modello Twin considera la valutazione del LCA alla scala di componente, usando un numero di fattori d'impatto che considera vari effetti ambientali in un ecoprofilo ed arriva a determinare un unico indice ambientale circa il materiale da costruzione ed il componente.
I criteri si riferiscono all'eco-tossicità ed alla bio-tossicità (effetti sul clima e sicurezza ambientale); ogni sottolivello è valutato usando i livelli di performance, con un sistema a punti, che definisce un risultato finale. Il Twin model, può esser molto utile in fase di progettazione e soprattutto in fase di valutazione, da parte dei produttori. Si tratta in sintesi di una strategia più oggettività di molte altre.

Figura 1: Metodi di calcolo per un ecoprofilo
Fonte: AA.VV. e M.van de Nieuwenhof, P.Schmid, "Environmentally aware construction", in Environmental qualification system,to Ch.F.Hendriks, Sustainable Construction, Aeneas Technical Publisher, 2001 Netherland

SICUREZZA AMBIENTALE

ECO - TOSSICITÀ: CRITERI AMBIENTALI (ECO)

• Materiali naturali	Esaurimento delle risorse naturali biotiche, Esaurimento delle risorse naturali abiotiche, Tasso di esauribilità, Localizzazione o sito di estrazione (giacimento)
• Inquinamento	Acidificazione, Eutrofizzazione, Effetto serra, Deterioramento dello strato di ozono, Smog estivo, smog invernale, Metalli pesanti, Pesticidi, Calore
• Rifuti	Scarti intermedi, Scarti finali, Rifiuti pericolosi
• Disturbo	Odore, Rumore, Calamità, Luce
• Deterioramento	Spazio richiesto, Grado di ricoverabilità o disturbo
• Energia	Esaurimento di energia non rinnovabile, Impiego totale di energia usata
• Riuso	Riuso a livello di prodotto, Ulteriori usi a livello di prodotto, Riprocesso a livello di materiale naturale, Ulteriori processi a livello di materiale naturale
• Riparabilità	Ciclo manutentivo, Tasso di sostituzione
• Durabilità	Affidabilità tecnica, Affidabilità economica

TOSSICITÀ UMANA: CRITERI SULLA SALUTE (BIO)

• Agenti fisici	Campi elettromagnetici, Campi elettrostatici, Campi statico-magnetici, Bilancio idrico
• Agenti chimici	Agenti chimici solidi, Agenti chimici fluidi, Agenti chimici gassosi
• Agenti biologici	Batteri, Virus, Parassiti, Funghi
• Aspetti ergonomici	
• Salute	

EFFETTI SUL CLIMA

• Criteri del LCA	Estrazione dei materiali naturali, Produzione dei materiali, Costruzione degli edifici, Uso e manutenzione degli edifici, Demolizione degli edifici, Gestione dei rifiuti

Figura 2: Criteri per la valutazione della sicurezza ambientale e degli effetti sul clima
Fonte: Rivisitazione dal modello Twin – C.Nava, dicembre 2003

Possiamo quindi affermare che costruire un ecoprofilo garantisce il controllo del bilancio ecologico del materiale e del componente a livello di impiego di risorsa e di energia.
Anche per il vetro questo può avvenire considerandone gli effetti secondo due criteri essenziali:

- la sicurezza ambientale (con riferimento diretto alla salute dell'uomo);
- gli effetti sul clima (con riferimento diretto alla salute del pianeta)

L'approccio pertanto deve guidare al confronto degli impatti ambientali di due o più prodotti, gruppi di prodotti, sistemi, processi di produzione, procedimenti e comportamenti allo scopo di individuare potenziali di inquinamento, di creare e promuovere processi ecologici. Occorre fare riferimento a tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento-riciclaggio, e tutti i trasferimenti materiali ed energetici connessi.
Tra i parametri da considerare e mettere in relazione, analizzando le alternative, sono da considerarsi tutti quelli che hanno maggiore influenza sui processi produttivi e di impiego dei componenti. In *figura 2* sono esposti alcuni tra i criteri essenziali di valutazione.

Note

(Nota 1)
Lo studio dei descrittori utili permette di costruire una scala di valutazione strettamente correlata al sistema esistente, in maniera da non avere dei sistemi sconnessi nella valutazione della compatibilità complessiva del materiale/prodotto.

(Nota 2)
Le relazioni sono state ridotte (ove presenti) ad un max di tre con le categorie A/B/C/D, ipotizzando quale delle caratteristiche influisce con maggior peso sulle nuove categorie (energetiche ed ecologiche). Si dovranno considerare i parametri in una scala di standards "ponderata" secondo la valutazione ecologica ed energetica. Sono state considerate, inoltre, le relazioni proprie riferite alle stesse categorie di analisi per la valutazione (correttivi –pesi diretti/proprietà correlate).

Fonti bibliografiche

- AA.VV. e M.van de Nieuwenhof, P.Schmid, *Environmentally aware construction*, in "Environmental qualification system", to Ch.F.Hendriks, *Sustainable Construction*, Aeneas Technical Publisher, 2001 Netherland
- Greenpeace, 2002, Atti in *Clean Construction*, sito web www.greanpeace.it
- Haas M., 1997, *Environmentally aware construction*, in "Environmental qualification system", to Ch.F.Hendriks, *Sustainable Construction*, Aeneas Technical Publisher, 2001 Netherland
- Hendriks Ch.F.,2000, *Durable and sustainable construction materials*, Aeneas Technical Publisher, Netherland
- Lannutti C.,1999, *Controllo della qualità tecnico - prestazionale del componente edilzio*, Gangemi ed., Roma
- LBB (Landesinstitut fur Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung); (1992), *Umweltbewusste*, Bauteil-un Baustoffauswahl, Aachen
- M.van de Nieuwenhof, P.Schmid, (2001), *Environmentally aware construction*, in "Environmental qualification system", to Ch.F.Hendriks, *Sustainable Construction*, Aeneas Technical Publisher, Netherland
- Nava C., 2003, *La valutazione della qualità ambientale dei componenti*, Atti di ricerca LA.M.A., DASTEC, Reggio Calabria

L'utilizzo del vetro per la definizione degli spazi esterni pubblici

Ernesto Maria Giuffrè

TRASPARENZA E MATERIALITÀ

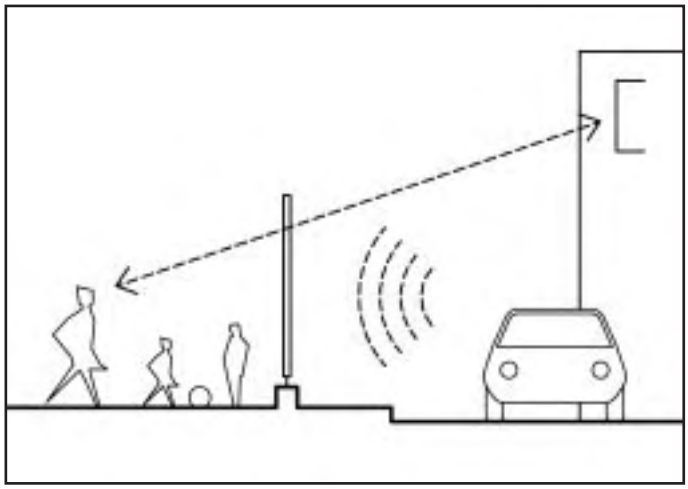
Il vetro piano, oltre che nella costruzione degli edifici, viene anche soventemente utilizzato nel disegno degli spazi pubblici della città sia per l'allestimento di aree pedonali di differente dimensione e funzione, sia per definire spazi coperti per varie finalità, di natura prevalentemente pubblica e semipubblica.
Obiettivo è consentire un miglior uso e fruizione, da parte delle persone, degli spazi aperti, intesi come risorsa disponibile per tutti, e sempre più difficile e costosa da reperire.
Nello stesso tempo inoltre, questi interventi, connettendosi ed entrando a sistema con gli altri elementi, costruiti e non, del tessuto cittadino, concorrono alla definizione e qualificazione dei luoghi, dei loro usi e delle loro relazioni.
Importante è perciò nella loro progettazione definire con cosa si verranno a relazionare e con quali modalità e particolarità.
Il vetro piano è soventemente utilizzato in esterno per la sua capacità di garantire la permeabilità visiva degli spazi, a fronte di una serie di funzioni posizionatevi, ed una loro divisione, attraverso la definizione di aree a differente finalità.
Importante è perciò la sua caratteristica di garantire allo stesso tempo, trasparenza e materialità.
La possibilità di vedere attraverso, non si tramuta, infatti, in immaterialità dell'oggetto, che viene comunque ad occupare concretamente uno spazio, venendo di conseguenza a modificare la percezione dei luoghi, non solo per la sua presenza fisica, ma anche ponendosi come un filtro attivo tra la persona e i luoghi della città che vede attraverso.
La progettazione di un elemento in vetro richiede perciò, come per tutti gli altri materiali, e forse ancora di più per questa sua specificità, un'attenta analisi della relazione che l'oggetto, una volta collocato, viene ad instaurare con l'ambiente circostante.
Tutto questo si traduce, nella ideazione e progettazione degli oggetti propri degli spazi esterni, in una maggiore ricchezza progettuale che consente di esplorare le potenzialità del materiale in elementi destinati a differenti e molteplici finalità.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Caratteristica delle lastre in vetro è la capacità, attraverso opportune lavorazioni, di raggiungere elevati valori di resistenza alle sollecitazioni esterne ed all'usura del tempo, tale da renderle idonee ad un uso sicuro nelle parti a diretto contatto con gli utenti, quali sedute, schermi, barriere e all'esposizione agli agenti atmosferici.
Fondamentale infatti, per l'utilizzo negli spazi pubblici esterni, è il conseguimento di elevati standard di sicurezza, non solo come capacità antisfondamento, ma soprattutto come sicurezza in fase di rottura.
Questa si ottiene attraverso vetri trattati con *tempra termica* o *stratificati* in grado, i primi, di frantumarsi in piccoli frammenti di vetro smussati di grandezza tale da non creare pericolo ed, i secondi, di trattenere a se, agganciate alla pellicola interposta, le schegge di materiale.
Il vetro di sicurezza trattato con *tempra termica*, anche definito vetro di sicurezza monolitico, viene prodotto attraverso il riscaldamento di una lastra di vetro piana fino al punto di rammollimento, circa 640°C, raggiunta la quale tutto il materiale viene velocemente raffreddato tramite getti d'aria fredda.
Così facendo le superfici esterne si contraggono molto più velocemente della parte centrale, facendo insorgere sulla superficie forti compressioni che rendono la lastra molto più resistente sia ai carichi di rottura che agli sbalzi termici.
Una volta subito tale trattamento il vetro non può però più essere soggetto a seconde lavorazioni come il taglio o la perforazione.
A seguito dell'elevata resistenza alla flessione, questo tipo di vetro, a differenza di quello normale, può assorbire anche l'urto di persone senza frantumarsi.
Il vetro *stratificato* di sicurezza, invece, è un pannello composto da due, o più, lastre di vetro tra le quali viene interposto per tutta la superficie, durante il procedimento di produzione, uno strato intermedio in grado, in caso di rottura, di trattenere le schegge altrimenti estremamente pericolose per le persone.
Per questo tipo di vetro e per gli altri vetri di sicurezza (stratificati, temprati) le norme prestazionali permettono di stabilire la rispettiva classe (prestazionale), garantendo la presenza di caratteristiche atte a proteggere contro la caduta nel vuoto, il vandalismo, l'effrazione, i proiettili di arma da fuoco.
Come strati intermedi si possono impiegare fogli di PVB, film termoplastici o altri materiali organici ed inorganici che, in alcuni casi, oltre a coprire i requisiti di sicurezza, possono anche essere impiegati per funzioni differenti quali l'isolamento acustico.
I pannelli devono inoltre rimanere stabili nel tempo, non modificando le loro proprietà meccaniche e ottiche durante e dopo l'esposizione alla radiazione solare.
La flessibilità d'uso, altra caratteristica che rende le lastre di vetro piano utilizzabili per più funzioni, è la possibilità di far loro assumere aspetti e valenze differenti al variare dello scopo e dell'oggetto per il quale vengono ad essere impiegate.
In questo senso, la possibilità di avere lastre di vetro colorate o di poter usufruire di trattamenti superficiali chimici o meccanici quali la satinatura o la sabbiatura, o di applicare pellicole di differente forma e colore sullo strato superficiale del vetro, ne amplia notevolmente le opportunità d'uso.

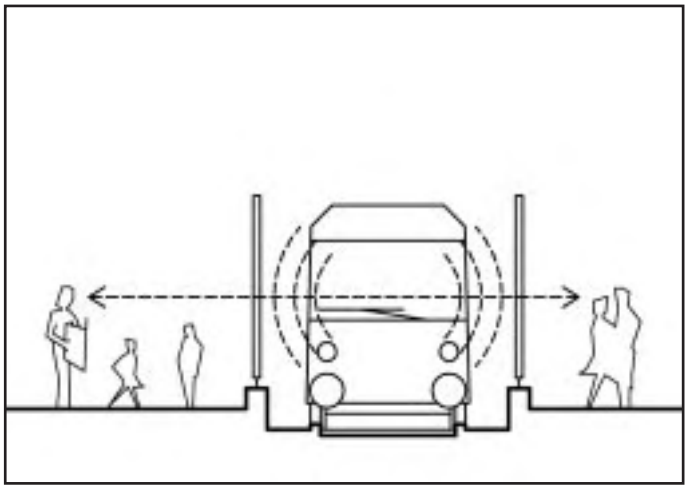
ELEMENTI DI DEFINIZIONE DEGLI SPAZI ESTERNI

Le lastre di vetro piano possono essere utilizzate come elemento di riconoscimento, di indicazione, come veicolo di informazione, come mezzo pubblicitario, come filtro visivo, all'interno di molteplici oggetti ed elementi componenti la scena urbana, dalle sedute, alle fermate d'autobus, agli elementi divisori, a quelli informativi.
Esse consentono la definizione di luoghi funzionali all'interno dello spazio urbano senza per questo interromperne la continuità visiva.
Nello stesso tempo, inoltre, date le caratteristiche proprie del materiale, nella costruzione degli oggetti i componenti in vetro piano sono spesso chiamati ad assolvere funzione di protezione delle persone dagli agenti atmosferici, (elementi frangivento e schermatura dai raggi solari), dall'inquinamento acustico o da situazioni di pericolo.



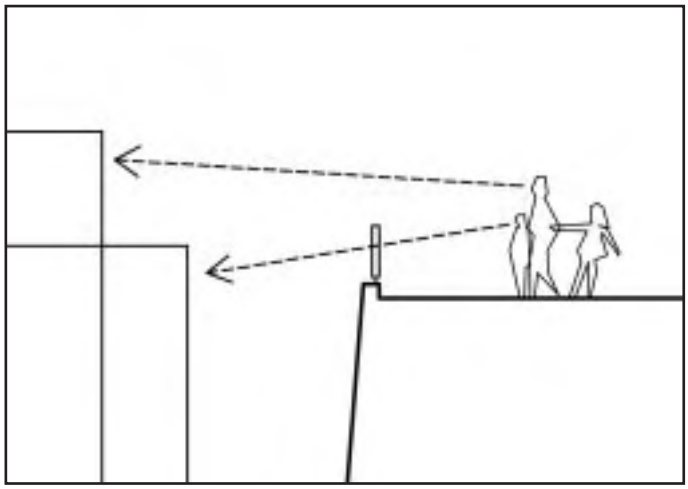
Barriera antirumore

Utilizzo di pannelli in vetro in grado di limitare il rumore causato dal passaggio dei mezzi di trasporto senza essere ostacolo visivo.



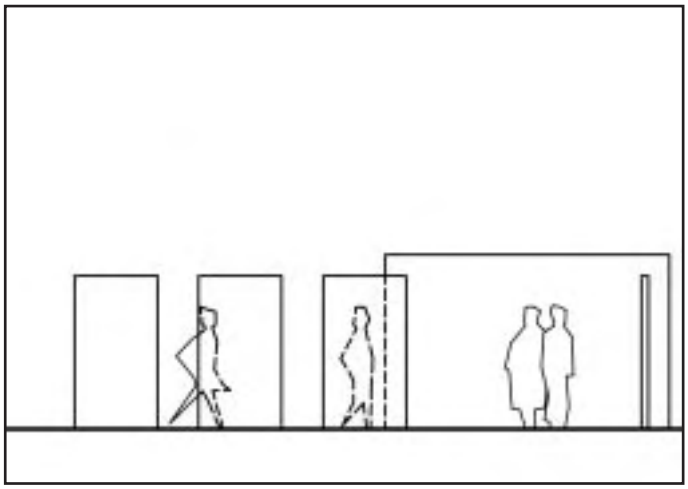
Elementi di delimitazione

Possono essere usati per la delimitazione di sedi di passaggio di mezzi di trasporto pubblici aumentando la sicurezza degli spazi circostanti e consentendo una riduzione dei rumori.



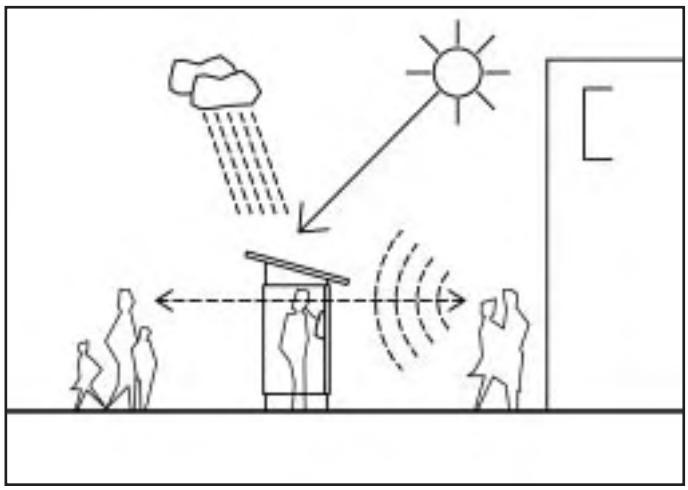
Barriera di sicurezza

Utilizzo di barriera trasparente che garantisce la sicurezza delle persone e consente la visione degli spazi circostanti.



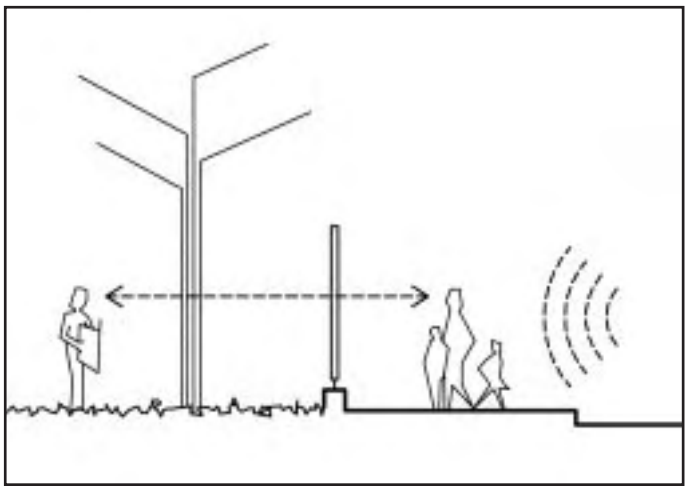
Elementi di divisione

Consentono di individuare una sequenza di spazi di percorrenza e sosta, senza per questo interrompere la visione dello spazio circostante.



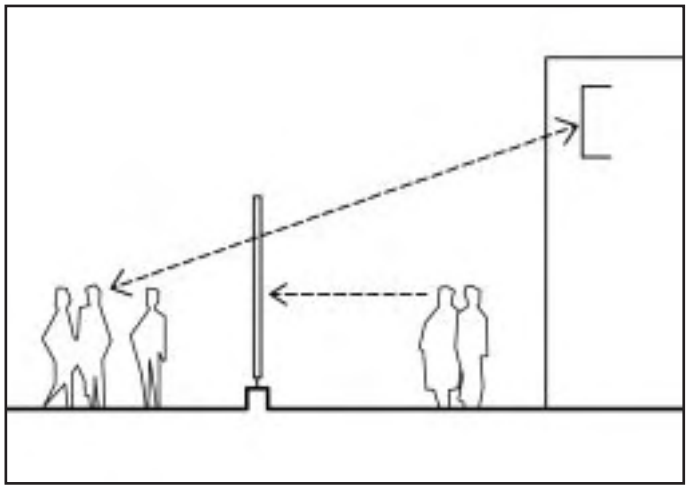
Cabina telefonica

Pannellature in vetro che nello stesso tempo non costituiscono barriera visiva all'interno dello spazio e funzionano per gli utenti da protezione dagli agenti atmosferici, da barriera al rumore e da elemento informativo.

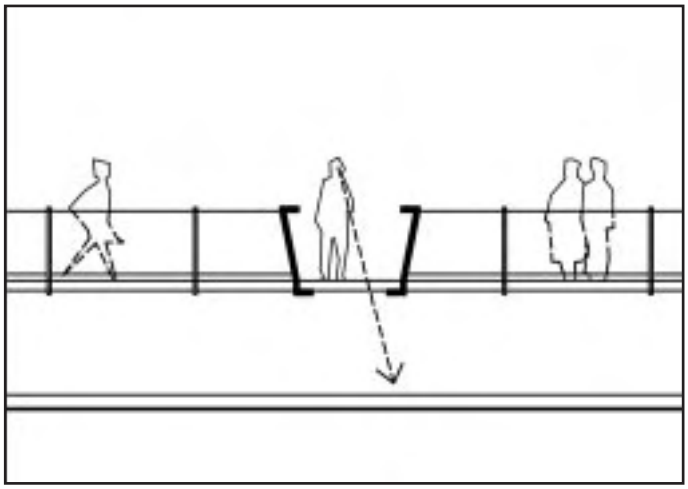


Elementi di separazione

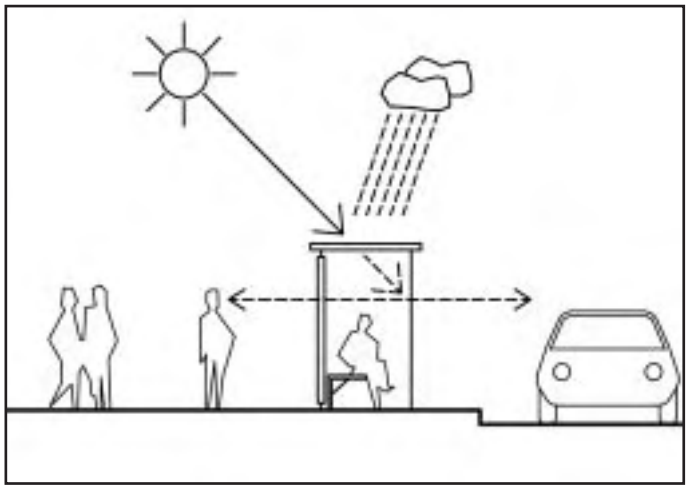
Creano una divisione spaziale e funzionale ma non visiva tra spazi a carattere differente, ad esempio privati e pubblici.



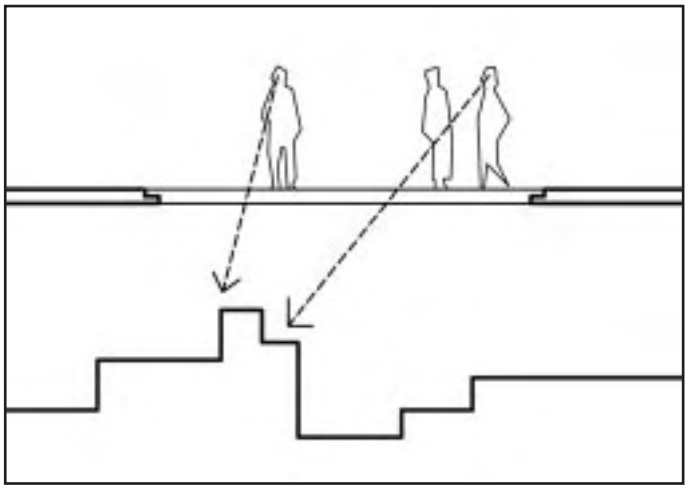
Elemento informativo
È formato da un pannello in vetro con parte della superficie occupata da pellicole recanti le informazioni da comunicare. Consente la visione, anche se parziale, dello spazio retrostante.



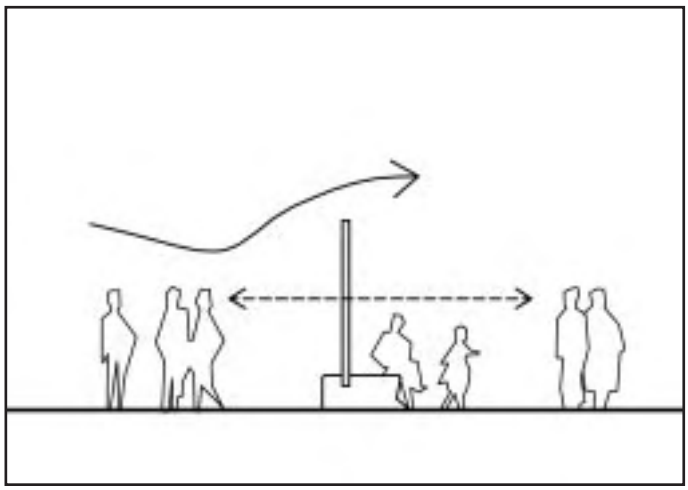
Passerella trasparente
Attraverso l'utilizzo di pannellature orizzontali trasparenti è possibile realizzare passerelle per la visione degli elementi sottostanti, ad esempio resti di pavimentazioni antiche.



Fermata d'autobus
I pannelli in vetro fungono da protezione dagli agenti atmosferici, da elemento di riconoscibilità e comunicazione attraverso l'applicazione di pellicole adesive stampate, non costituendo una barriera visiva



Pavimentazioni trasparenti
Realizzazioni di pavimentazioni trasparenti per la visione di spazi od elementi sottostanti, come ad esempio, aree archeologiche.

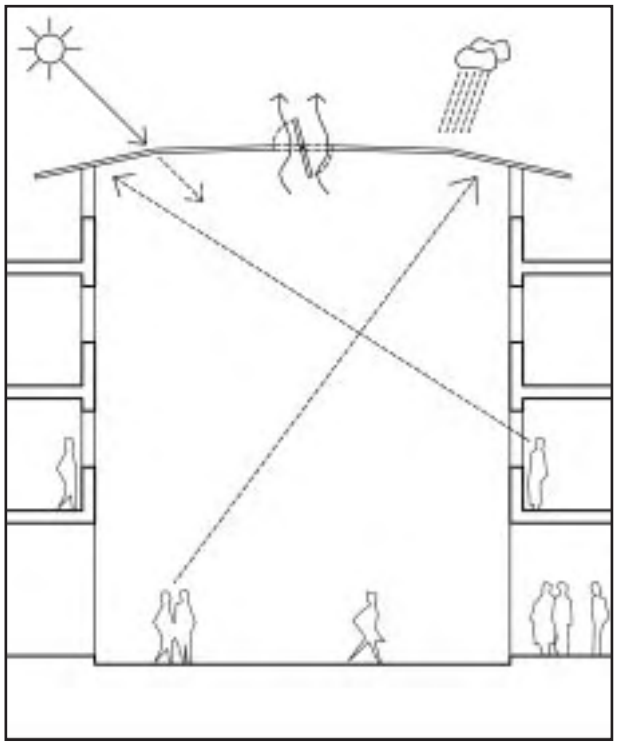


Sedute
Il pannello in vetro costituisce allo stesso tempo, un elemento funzionale della seduta, lo schienale, una barriera frangivento e un elemento informativo.

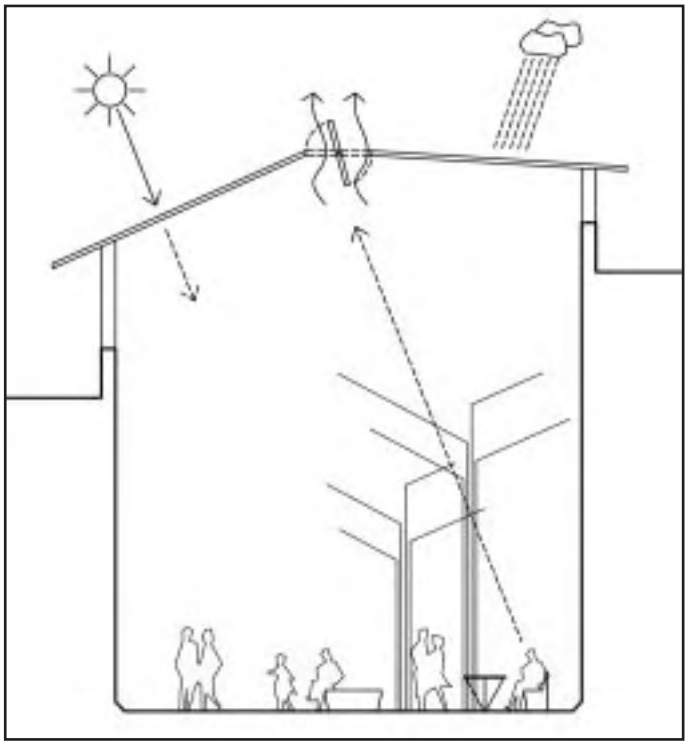
COPERTURA DEGLI SPAZI ESTERNI

Altro utilizzo delle lastre in vetro piano è il loro uso quale elemento di copertura di porzioni di aree pubbliche esterne che vengono così a creare luoghi intermedi di varia natura, funzione e dimensione, dalle grandi gallerie, ai giardini d'inverno, a luoghi di sosta e ristoro.
Interessanti sono soprattutto le realizzazioni di spazi di piccola e media dimensione sia per l'effettiva inseribilità in aree già costruite, che per i minori costi di gestione e in particolar modo per la capacità di qualificare la scena urbana con interventi capillari e contenuti.
La loro presenza consente inoltre di localizzare funzioni a tutti accessibili, non posizionabili all'aperto, accrescendo in questo modo la fruizione dello spazio, la sua polifunzionalità e vivibilità.
Caratteristica fondamentale di queste aree è la protezione delle persone e degli oggetti lì collocati dagli agenti atmosferici, in particolar modo la pioggia e, attraverso l'uso di vetri specificamente progettati, anche il controllo della radiazione solare.
Quest'ultima problematica riveste notevole importanza, oltre che nel periodo estivo, soprattutto nelle aree climatiche calde, come quella mediterranea.
La protezione può essere ottenuta o tramite schermature fisse di vario

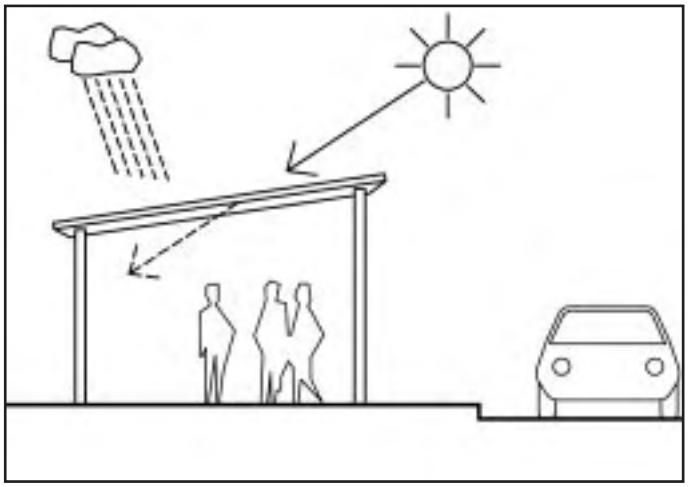
materiale, o attraverso dispositivi esterni mobili, come ad esempio tendaggi, che hanno però l'inconveniente di richiedere manutenzione e sistemi di gestione, o utilizzando vetri specifici in grado di limitare il passaggio dei raggi solari.
La riduzione della trasmissione luminosa attraverso il vetro può essere ottenuta in vari modi, inserendo pellicole tra le due, o più, lastre componenti il sistema o applicando film riflettenti sulla superficie del vetro esposta direttamente alla radiazione solare o anche utilizzando trattamenti superficiali che limitino la trasmissione luminosa con superfici parzialmente non trasparenti.
La serigrafia, in particola modo, consente di "imprimere" uno smalto durante la produzione del vetro soggetto a tempra termica, creando un motivo non trasparente: così facendo la protezione solare viene ottenuta attraverso l'ombreggiatura generata dal disegno.
Questa tecnica ha il duplice vantaggio di poter essere utilizzata oltre che come protezione solare, anche per rendere identificabile e riconoscibile lo spazio che si viene a definire tramite scritte, disegni o motivi grafici.
Inoltre la possibilità di avere sulla superficie del vetro parti a differente trasparenza può essere usata per disegnare la pavimentazione attraverso le ombre proiettate dalle parti opache, facendo sì, ad esempio, che scritte poste in copertura per una lettura dall'alto, si proiettino a terra, all'interno dello spazio coperto.
Nel caso di strutture di media o grande dimensione, specie se chiuse su alcuni lati, vedi ad esempio la copertura di aree poste tra due edifici, fondamentale è il controllo delle condizioni climatiche interne.
In questi casi infatti il controllo del surriscaldamento prodotto dalla radiazione solare, e anche delle condizioni di umidità, sia in estate che in inverno, può avvenire solamente integrando nella copertura idonei sistemi, di tipo fisso o mobile, che garantiscano una corretta ventilazione dell'area sottostante.
Altro elemento da tenere in considerazione, già in fase di progettazione, è la manutenzione della vetrata, con particolare attenzione ai costi da sostenere per arco di tempo, in particolar modo la sua pulizia, limitando già con il suo disegno gli accumuli di sporco e facilitandone tutte le operazioni connesse alla sua rimozione.



Area di grande dimensione
La galleria, la piazza coperta.



Area di media dimensione delimitata sui lati da due edifici preesistenti
Giardini d'inverno, luoghi per manifestazioni temporanee, punti di sosta e ristoro, servizi.



Area di piccola dimensione
Punto di sosta, area informativa

REALIZZAZIONI

Passerella in vetro nella basilica di Acquileia

Progetto: Ottavio di Blasi Associati

La passerella in vetro consente la visione della pavimentazione sottostante e limita l'impatto visivo dovuto alla sua presenza.

Fonte foto: detail n. 3, 2000, pag.34



Fondazione Cartier

Progetto: Jean Nouvel

I pannelli in vetro creano una divisione fisica ma non visiva tra il giardino interno privato e l'area pubblica, limitando in parte anche l'inquinamento acustico, fornendo un senso di compenetrazione degli spazi.

Foto: Ernesto Maria Giuffrè



Fermata d'autobus

Progetto: Jensen & Skodvin Arkitektkontor

I pannelli in vetro vengono utilizzati quale riparo per gli agenti atmosferici e come supporto per elementi di indicazione comunicazione.
Viene garantito il massimo sfruttamento dell'illuminazione naturale.

Fonte foto: detail n. 4, 2000, pag. 633



Fermata d'autobus

Progetto: Norman Foster

Gli elementi in vetro consentono la permeabilità visiva dell'elemento garantendo nello stesso tempo protezioni agli occupanti.

Fonte foto: Josep Ma. Serra, Elementos urbanos, Editorial Gustavo Gili, Barcellona, pag. 232



Fonti bibliografiche

- AA.VV., *Glass Construction*, in, *Detail*, n.3 aprile-maggio 2000
- AA.VV., *Urban planning details*, in, *Detail*, n.4 giugno-luglio 2000
- Boyer Annie, Rojat-Lefebvre Elisabeth, *Aménager les espaces publics, le mobilier urbain*, Le Moniteur, Parigi, 1994
- Cremonini Lorenzino, *Design & città, dialoghi e rapporti spaziali dell'Interno Urbano*, Alinea Editrice, Firenze, 2000
- Dierna Salvatore, *La materia-luce nelle configurazioni dello spazio-ambiente*, in, De Ponte Silvio, *Architetture di luce*, Gangemi Editore, Roma
- Serra Josep Ma., *Elementos Urbanos, mobiliario y microarquitectura*, Editorial Gustavo Gili, Barcellona, 1996
- Sgalippa Gianluca, *Quando il prodotto diventa luogo, i microambienti come scenari del design e contesti dell'innovazione tecnologica*, Francoangeli, Milano, 2002

Edifici produttivi

Rita Minucci

L'utilizzo del vetro applicato ad edifici per la produzione (serre per l'agricoltura, per la florovivaistica, etc.) nonchè ad edifici per la ricostruzione di condizioni ambientali particolari (serre per gli orti botanici, etc.) è *basata sulla caratteristica trasparenza* del materiale che consente di filtrare le lunghezze d'onda incidenti, trattenendo all'interno dell'ambiente chiuso dalla superficie vetrata la parte di radiazione infrarossa riemessa dalla superficie illuminata interna (effetto serra). Tale caratteristica del materiale viene impiegata per finalità specifiche.

Tra le prime applicazioni diffuse c'è stata la ***ricostruzione degli ambienti naturali*** effettuata oggi con l'obiettivo di assicurare alle specie una custodia protettiva, nell'ambito di una strategia di conservazione della diversità specifica e genetica e di rendere le piante disponibili per l'utilizzo da parte dell'uomo. Gli Orti Botanici, le Banche dei semi e di pollini sono ambienti nei quali si attua la conservazione ex situ. Il loro ruolo dovrebbe essere quello di fornire materiale nella gestione degli ecosistemi, nella didattica, in agricoltura.

Negli Orti botanici, le serre ospitano piante che richiedono riparo invernale ed esemplari che necessitano di particolari condizioni climatiche, come specie succulente e specie tropicali. Dal punto di vista strutturale sono importanti la forma e l'orientamento della serra, in quanto da essi dipende la possibilità di incamerare la radiazione solare in modo più o meno efficiente.

Nelle serre i parametri climatici sono modificati rispetto all'ambiente esterno naturale. Per quanto riguarda i parametri ambientali si devono conoscere le esigenze delle piante con particolare riferimento alla temperatura, alla luce ed all'umidità richieste. Esistono, quindi, vari tipi di serre: principalmente serre non climatizzate (serre fredde, come le limonaie) e serre climatizzate, dove si agisce su vari parametri (temperatura, luce, anidride carbonica, ecc.).

La sperimentazione forse più estrema rientante in questo ambito è quella denominata "Biosphere 2", condotta in Arizona, dove si è realizzato un laboratorio che riproduce diversi ecosistemi terrestri fra cui la foresta tropicale, l'oceano, il deserto, la palude e la savana.

La costruzione riproduce una biosfera artificiale in grado di studiare le piante e tutti gli altri sistemi di vita con un adeguato controllo ambientale. Centinaia di sensori elettronici leggono e regolano la temperatura, l'umidità, la luce e di conseguenza variabili come le piogge. Vi sono molti sistemi di controllo come quello dell'anidride carbonica per stabilizzarne i livelli all'interno della cupola, ventilatori per la circolazione dell'aria mirati a ridurre le stratificazioni termiche (ovvero la creazione di fasce d'aria calda nelle zone più alte e fredda in quelle verso il suolo) e un sistema di analisi dei vari gas presenti nell'atmosfera della cupola. Un computer gestisce Biosphere 2 mantenendo sotto controllo la temperatura (23 – 34°C) e rendendo costanti le piogge.

Dopo diversi tentativi si è riusciti a rendere autonomo il sistema per quanto riguarda il ciclo dell'acqua potabile, la produzione del cibo e lo smaltimento dei rifiuti. Tuttavia il funzionamento complessivo dell'enorme laboratorio resta evidentemente affidato a sistemi di controllo per il mantenimento delle condizioni termoigrometriche interne, il riscaldamento e raffreddamento dell'acqua, il condizionamento e riscaldamento del complesso.

Tutta l'energia richiesta per il funzionamento di Biosphere 2 è prodotta da generatori di gas naturale dedicati.

Un'ulteriore applicazione del vetro ad edifici produttivi riguarda l'agricoltura e la ***produzione diffusa.*** Le colture in serra, che in Italia in-

RICOSTRUZIONE DEGLI AMBIENTI NATURALI

Serre per la conservazione ex-situ



Serra del banano, orto botanico di Pisa

Rappresenta uno dei primi esempi di serre in muratura e profilati in ferro utilizzate in Italia per coltivare specie di climi caldi. È una serra tropicale, nella quale l'umidità viene mantenuta innaffiando sia le piante che in terra.
Una retina ombreggiante taglia la luce del 25-30%, proteggendo le piante da un eccessivo irraggiamento.
Le diverse piante sono posizionate in modo da rispettare le esigenze di luce delle singole specie.
Temperatura minima: 18-20°C. Umidità Relativa: 60-70%

RICOSTRUZIONE DEGLI AMBIENTI NATURALI

Biosphere 2

Localizzazione: Oracle, Arizona. Alt.: 1.200 metri s.l.m.
Estensione: 12.700 mq
Volume: 7,2 mc
Costruzione: Space Biosphere Ventures
Anno: 1991

La struttura è composta di vetro, ferro e cemento. Il vetro filtra le radiazioni solari. La purificazione dell'aria all'interno del sistema viene effettuata anche grazie alla fotosintesi delle moltissime piante presenti.

PRODUZIONE DIFFUSA

Parco urbano su area dismessa

Bioricoveri agricoli che consentirebbero di praticare l'orticoltura, la floricoltura e l'acquacoltura tutto l'anno, potrebbero essere insediati su aree dismesse.
Un'idea suggestiva è quella di un vasto bioricovero anulare che si sviluppi su di un'area estesa in modo da lasciare spazio al centro ad un ampio cortile aperto.



Figura: N. J. Todd, J. Todd (1984) "Bioshelter, Ocean Arks, City farming. Ecology as the basis of design", Sierra Club Books, San Francisco

PRODUZIONE DIFFUSA

Serre agricole

Le serre di basilico di Pra - www.parco-basilico.provincia.genova.it

Le serre per il basilico di Pra sono impianti di limitata dimensione (200-400 mq per un'altezza max di 2 metri al colmo) in legno e vetro risalenti all'inizio del '900, spesso ancor oggi in funzione.
Il livello di automazione è ridotto. Le piccole aziende a conduzione familiare realizzano l'irrigazione a mano, senza particolari attrezzature, mentre le aziende di medie dimensioni dispongono di qualche forma di automazione.

PRODUZIONE INTEGRATA

Sistema integrato per la coltura massiva all'aperto di microrganismi fotosintetici

Un sistema integrato sperimentato (R. Materassi et al., 1995) è composto da una vasca di coltura aperta di tipo "raceway" ed un fotobioreattore chiuso a pannello alveolare, collegati tra loro con condotti flessibili.
Caratteristica fondamentale di questo sistema misto è quella di utilizzare il fotobioreattore chiuso come pannello solare che, oltre a permettere una migliore esposizione alla luce solare, consente di innalzare in breve tempo la temperatura nella vasca.
Il regime ottimale di temperatura caratteristica per i differenti microrganismi coltivati nelle vasche può essere ottenuto variando la velocità di scambio della coltura dalla vasca al pannello e viceversa.
La produttività ottenuta con questo sistema è nettamente superiore (oltre il 50%) a quella raggiunta nei sistemi tradizionali a vasche aperte.

teressano almeno 40.000 ettari di territorio, sono caratterizzate da una massimizzazione della produzione a cui è connessa una accelerazione del processo entropico (incremento del consumo di energia termica e chimica, aumento dei cicli produttivi, instabilità del sistema biologico, aggravamento dei problemi fitosanitari, aumento dei residui tossici) che genera una serie di problematiche di ordine energetico, ambientale ed economico (climatizzazione, impiego degli agrochimici, monitoraggio e controllo dei parametri produttivi).
L'interazione dei fattori che condizionano la progettazione e l'utilizzazione della serra (clima esterno locale, esposizione, pendenza del terreno, altimetria, ventosità, tipo di serra e materiale strutturale impiegato, specie vegetale coltivata, ecc.) influenzano enormemente il bilancio energetico. Attualmente il consumo energetico nelle serre agricole risulta molto elevato; si stima che, per la sola climatizzazione, il consumo diretto di energia si aggiri sull'ordine dei 140.000 TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio), pari a circa il 95% dell'energia globalmente necessaria alla produzione. Sono in atto, tuttavia, numerose sperimentazioni finalizzate al miglioramento dell'efficienza energetica ed all'utilizzo di fonti alternative (in particolare geotermica).
La coltivazione in serra tende, inoltre, a favorire le infestazioni ed ad accellerare il ciclo di vita di alcuni insetti, tanto che questo sistema agricolo é considerato tra quelli a più alto consumo di fitofarmaci. L'impiego di questi prodotti tossici può creare gravi problemi di ordine tossicologico/ambientale in considerazione, ad esempio, della ragguardevole estensione della serricoltura. Per questo, oltre a perseguire una strategia di difesa fitosanitaria basata sulla tecnica della lotta integrata, possono essere presi in considerazione alcuni materiali innovativi che sono associabili all'uso del vetro.
In Inghilterra, ad esempio, presso l'università di Reading sono stati sperimentati dei materiali per i tunnel destinati alle colture che sono in grado di ridurre l'uso di pesticidi. Sulla base di studi precedenti - che avevano mostrato che la luce a particolari lunghezze d'onda può fare scatenare certe patologie ed influenzare l'altezza e il portamento delle piante - l'équipe di studio ha realizzato dei nuovi materiali di rivestimento che filtrano in modo selettivo le lunghezze d'onda indesiderate, in particolare bloccano i raggi UV e quelli della banda del rosso lontano. I nuovi film hanno limitato la presenza di afidi e aleurodi, ridotto l'incidenza di Botrytis del 45% e prolungato la durata a magazzino delle specie in vaso limitando la quantità di spore.
Un possibile ambito di applicabilità delle tecniche di coltivazione in serra può essere pensato con riferimento alle aree urbane, in particolare per le superfici inutilizzate, basandosi sullo sviluppo di tecniche e tecnologie applicate all'agricoltura che consentono di ottenere produzioni variegate in spazi relativamente piccoli. Secondo diverse fonti, infatti, l'agricoltura urbana ha grandi potenzialità ed il suo sviluppo potrà portare numerosi vantaggi sia in termini ambientali che sociali.
L'associazione di elementi in vetro (dai contenitori sino alle serre) alle tecniche di biofitodepurazione per il trattamento delle acque e dei rifiuti può consentire la realizzazione di una ***produzione integrata*** di beni e servizi che agevolerebbe lo sviluppo di piccole unità economiche.
La biofitodepurazione utilizza piante acquatiche per l'abbattimento dei nutrienti, funziona a bassi costi energetici (energia solare) ed utilizza il liquame come risorsa. La depurazione ecologica ottimale avviene a temperature dell'acqua che raggiungono i 37°C, temperature alle quali le piante e molti microrganismi prosperano.
Integrando tali sistemi per la coltura all'aperto con superfici vetrate di chiusura si è potuto verificare sperimentalmente il miglioramento dell'efficienza complessiva del sistema che ha portato, nello specifico, al miglioramento del profilo termico della coltura nella vasca, ad una più efficiente esposizione alla luce della coltura ed alla possibilità di aumentare notevolmente nella vasca la concentrazione cellulare mantenendo

PRODUZIONE INTEGRATA

Processi produttivi

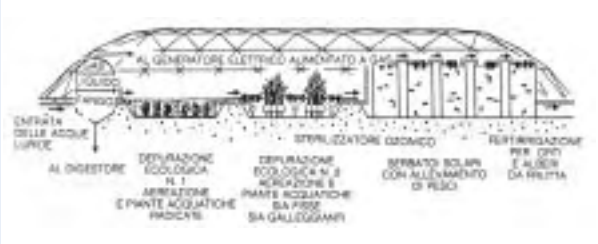


Figura: N. J. Todd, J. Todd (1984) "Bioshelter, Ocean Arks, City farming. Ecology as the basis of design", Sierra Club Books, San Francisco

PRODUZIONE INTEGRATA

Contenitori in vetro per la biofitodepurazione – Living Machine

Applicazioni di questa tipologia sono state realizzate sperimentalmente; ad esempio, in un edificio scolastico in Canada (Boyne River School, Toronto District School Board) attraverso l'installazione di 17 cilindri nell'atrio della scuola, vengono serviti circa 300 studenti.

PRODUZIONE INTEGRATA

Struttura climatizzata in serra con impianto a processo biologico

Impianto che somma la creazione di ecosistemi delle living machine con la climatizzazione della serra. Applicazione: impianto di struttura climattizata in serra a Strensund (Stoccolma) per 150 persone.

un'alta produttività.
Tra i possibili campi di applicazione del sistema sperimentato vi sono l'impiego per la coltura massiva di microrganismi fotosintetici in vasche sia in acqua dolce che in acqua di mare per varie applicazioni (prodotti chimici e biofertilizzanti, trattamenti di reflui, acquacoltura).
Nei laghetti di ossidazione, infatti, si possono praticare le colture idroponiche come l'acquacoltura, l'itticoltura, la florocoltura e l'algocoltura. Se la biofitodepurazione viene associata ad una politica di gestione locale basata sul decentramento, si riescono a contenere i costi e si può prevederne la collocazione all'interno degli ambiti urbani non utilizzati (in termini di massima un impianto di biofitodepurazione consuma dai 2 ai 4 mq per abitante servito/equivalente).
Alcune sperimentazioni della fattibilità di tali processi produttivi sono state effettuate in California (Solar Aquasystems, Encinitas) dove sistemi finalizzati al trattamento dei rifiuti sono stati integrati con un metodo che prevede il trattamento delle acque sporche ed il loro pompaggio in specifiche vasche poste all'interno di serre solari dove vengono areate e trattate con batteri, alghe, animali microscopici e piante acquatiche (es. giacinti d'acqua galleggianti) che rimuovono le tossine e la materia organica, con la possibilità verificata, inoltre, di eliminare i metalli nocivi.
Questo processo di depurazione fornisce prodotti secondari di valore commerciale: dalle piante che possono essere utilizzate nei trattamenti del suolo alla produzione di gas ed energia elettrica, all'allevamento dei pesci che utilizza il calore solare e l'acqua depurata e sterilizzata.

Fra le tipologie possibili per la realizzazione di impianti di biofitodepurazione applicabili alla scala dei singoli edifici, il tipo a cilindri consiste in una serie di contenitori di vetro in cui l'acqua reflua passa dall'uno all'altro per gravità. In ogni cilindro c'è un ecosistema unico che usa alghe, microorganismi, pesci, piante acquatiche, vongole, chiocciole ed altri organismi acquatici per depurare, usando come "carburante" l'energia solare. L'acqua in uscita, una volta sterilizzata, può essere rimessa in circolo.
Ancora alla scala dei singoli edifici, un'ulteriore tipologia consiste nelle strutture climatizzate in serra con impianto a processo biologico. Caratteristica di tale sistema è la possibilità di includere processi produttivi (acquacoltura, itticoltura, etc.). Esistono strutture isolate o collocabili sui tetti o sporgenti dalle facciate di edifici. Questa tipologia è usata per piccole comunità (100-300 abitanti/eq). Un'applicazione sperimentale è stata condotta in Svezia e consiste in una serra climatizzata dotata di un impianto a processo biologico in cui vengono esaltate le superfici di contatto per la flora batterica tramite dei corpi di riempimento in materiale inerte. L'acqua trattata viene riutilizzata immediatamente in sito per scopi irrigui e per alimentare gli sciacquoni.

Fonti bibliografiche

- Rob Nijsse (2003), *"Glass in structure"*, Birkhäuser, Basel
- Andrea Campioli (2002), *"Architetture di vetro e metallo"*, in Nuova Finestra n.3, ed. Elsevier
- Klaus Daniels (2000), *"Low-tech, Ligh tech, High tech"*, Birkhäuser, Basel
- *"L'erbifrutto"*, Quaderno di cultura naturale, n.2, luglio/settembre 1992, Roma
- N. J. Todd, J. Todd (1984), *"Bioshelter, Ocean Arks, City Farming – Ecology as the Basis of Design"*, Sierra Club Books, San Francisco, trad. It. (Amedeo Bertolo) (1984), *"Progettare secondo natura"*, ed. Elèuthera, Milano

Documenti internet

- Ugo Cirio, *"Tecnologie ecocompatibili per le colture protette"*, www.inea.it/arssa/cirio.html
- *"Materiali intelligenti per serre"*, in Bollettino dell'Innovazione Tecnologica - B.I.T., anno 6, n.2, settembre 2001, http://www.ptu.sitech.it/bit/settori.htm
- Erich Trevisiol (1998), *"Interventi di ecologia urbana nel ciclo dell'acqua"*, http://rmac.arch.uniroma3.it/Master/lezioni/trev/ET_ciclo.html
- Roberta Vangelisti (1997), *"La conservazione ex situ"*, http://astro.df.unipi.it/CITD/1997/RobertaVangelisti/robyhtml/home2.html
- R. Materassi et al. (1995), *"Sistema integrato per la coltura massiva all'aperto di microrganismi fotosintetici"*, Centro di Studio dei Microrganismi Autrofi del CNR, in Bollettino dell'Innovazione Tecnologica - B.I.T., anno 2, n.5, dicembre 1997, http://www.ptu.sitech.it/bit/settori.htm

Siti Internet tematici

http://www.ptu.sitech.it/home.htm
http://www.inea.it
http://www.bio2.com/index.html
http://www.thepepper.com/tucson_biosphere.html
http://www.fitodepurazionevis.it/index.html
http://parco-basilico.provincia.genova.it/ita/Basilicoserre_PBP.html
http://www.geodesic-greenhouse-kits.com/index.php
http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/expo/explora/serre/serr_intro.htm
http://www.passus.it/Botanico/index.jsp
http://schools.tdsb.on.ca/boyne/index.htm

ASSOVETRO

Associazione Nazionale degli Industriali del Vetro

Via Leonida Bissolati, 76 - 00187 Roma
Tel. 06.4871130 (r.a.) - Fax 06.42011162
e-mail: assovetro@tin.it
www.assovetro.it

WWF for a living planet®

Associazione Italiana per il WWF
For Nature - ONLUS

Via Po, 25/c - 00198 Roma
Tel 06.844971
Fax 06.84497352
www.wwf.it